

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования
Специальность Оборудование и технологии сварочного производства
Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Особенности тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча

УДК 621.7.048.7:669.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Мирошников Е.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гнюсов С.Ф.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт дистанционного образования
 Направление подготовки (специальность) оборудование и технология сварочного производства
 Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ОТСП

_____ « ____ » 2017 Киселев А.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Мирошников Егор Викторович

Тема работы:

Особенности тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтового электронного луча	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2017, №2789/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Образцы стали 110Г13 после ударно-волнового нагружения сильноточным наносекундным релятивистским электронным пучком</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Постановка задачи исследования 3. Объект и методы исследования 4. Результаты и обсуждение 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Заключение
<p><i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Титульный лист (название работы) 2. Цель и задачи исследования 3. Материалы и методы исследования 4. Изменение амплитуды ударной волны и микротвердость по толщине образца 5. Микроструктура 6,7. Микротвердость тыльного пика по слоям 8. Экономическая часть и социальная ответственность 9. Выводы
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1 Литературный обзор	Гнюсов Сергей Федорович
2 Материалы, оборудование и методы исследования	
3 Экспериментальная часть	
4 Выводы	
5 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Баннова Кристина Алексеевна
6 Социальная ответственность	Сопруненко Элина Евгеньевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гнюсов С.Ф.	д.т.н., профессор		30.01.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Мирошников Е.В.		30.01.2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования
 Направление подготовки 150202 Оборудование и технологии сварочного производства
 Уровень образования Высшее
 Кафедра Оборудование и технологии сварочного производства
 Период выполнения (весенний семестр 2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>
--

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.04.2017	1 Литературный обзор	25
14.04.2017	2 Материалы, оборудование и методы исследования	5
02.05.2017	3 Экспериментальная часть	35
16.05.2017	4 Выводы	10
24.05.2017	5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2017	6 Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гнюсов С.Ф.	Д.т.н., профессор		30.01.2017

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		30.01.2017

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Мирошников Егор Викторович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	ОТСП

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ)	Стоимость применяемого оборудования для проведения эксперимента, заработная плата с учетом районного коэффициента, стоимость электроэнергии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления от заработной платы по единому социальному налогу 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Экономическая целесообразность применения научного исследования
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Планирование комплекса работ по выбранной теме
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	...
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Привести затраты на приобретение оборудования и материалов
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Рассчитать трудозатраты, энергозатраты, затраты на материалы, амортизацию оборудования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Оценка конкурентоспособности ИР
3. Матрица SWOT
4. ФСА диаграмма
5. Оценка перспективности нового продукта
6. График разработки и внедрения ИР
7. Инвестиционный план. Бюджет ИП
8. Основные показатели эффективности ИП
9. Риски ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Мирошников Е.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Мирошников Егор Викторович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	ОТСП

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Описание рабочего места оператора ПК.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<p>1.1 При работе ускорителя электронов, присутствуют следующие вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Мощные электромагнитные поля; - Высокое электрическое напряжение; <p>1.2 При работе над проектом возможно влияние опасных факторов, таких как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - попадание неорганических кислот на кожу человека; - поражение электрическим током - недостаточная освещенность, повышенный уровень пульсации освещенности, повышенная яркость светящихся поверхностей, пониженный уровень влажности воздуха, повышенная температура воздуха, повышенный уровень ЭМП, повышенный уровень ЭСП, повышенный уровень шума, нарушение норм аэрионного состава воздуха, напряженность труда, тяжесть труда; - опасных факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, природного, социального, экологического и военного характера).
2. Экологическая безопасность:	При разработке проекта в качестве осветительных приборов использовались люминесцентные лампы, в которых присутствует некоторое количество ртути. Проблема с выбросом перегоревших люминесцентных ламп решается при выполнении требований утилизации соответствующих ламп.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Электронный ускоритель «СИНУС-7» является сложным техническим устройством, которое отличается повышенной пожарной опасностью. В ходе работы установки есть вероятность выхода из строя системы охлаждения, что может привести к пожару или небольшому взрыву.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для оператора ПК) правовые нормы трудового законодательства; - место оператора ПК в эргономической системе.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Сопруненко Э.Е.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Мирошников Егор Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа – 90 с., 10 рисунков, 25 таблиц, 31 использованный источник, 8 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: сильноточные электронные пучки, деформационное упрочнение, двойникование, микроструктура, микротвердость.

Объектом исследования являются образцы стали 110Г13 (сталь Гадфильда).

Цель работы - исследование особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- сделан анализ отечественной и зарубежной литературы по исследуемому вопросу и осуществлена постановка задачи исследования;
- подготовлены образцы и проведены эксперименты по ударно-волновому нагружению мишеней;
- проведен анализ микроструктуры образцов после ударно-волнового нагружения в объеме металла тыльного упрочнения;
- построены графики распределения микротвердости в поперечных сечениях мишени относительно оси пучка электронов в тыльной ее части, где фиксируется повышение твердости в приосевой части пучка;
- дан анализ особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.

Abstract

Graduate qualification work consists of 90 pages, 10 Fig., 25 Table, 31 sources, 8 sheets of demonstration material (slides).

Keywords: high-current electron beam, cold-work strengthening, twin formation, microstructure, microhardness.

The object of the research is the samples of steel 110G13 (Hadfield steel).

The aim of the research is to study the features of the rear hardening of a target of Hadfield steel when exposed to a megavoltage electron beam.

To achieve this goal, the following tasks were accomplished:

- the analysis of domestic and foreign literature on the researched question was made and problem definition of a research was performed;
- samples were prepared and experiments on shock wave loading of targets were made;
- the analysis of samples microstructure after shock and wave loading in volume of metal of back hardening was carried out;
- graphs of the distribution of microhardness in the cross sections of the target respective to the axis of the electron beam in the rear part of the target are plotted, where an increase in hardness in the axial part of the beam is fixed;
- the analysis of features of the back hardening of a target of Hadfield steel when exposed to a megavoltage electron beam is given.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Аустенит – твёрдый раствор углерода в гранцентрированной кубической решётке железа.

Феррит – твёрдый раствор углерода объёмно центрированной кубической решётке железа.

Мартенсит – мелкодисперсная структура пластинчатого строения, получающаяся путём кооперативного перемещения атомов на расстояние меньше межатомного.

Двойникование – образование в кристалле областей с разной ориентацией кристаллической решетки, связанных зеркальным отражением в определённой кристаллографической плоскости.

Перлит – эвтектоидная смесь двух равновесных при комнатной температуре фаз: феррита и цементита.

В настоящей работе применены следующие обозначения и сокращения:

- ГЦК – гранцентрированная кубическая решётка;
- КПЭ – концентрированные потоки энергии;
- СЭП – сильноточный электронный пучок.

Нормативные ссылки.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;

- ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;

- СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления;

- ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Общие требования безопасности;
- СНиП 23-03-2003 – Защита от шума;
- ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;

- НРБ-99/2009 – Нормы радиационной безопасности;
- СН 245-71 – Санитарные нормы проектирования промышленных зданий;

- СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

Содержание

	С.
Введение.....	13
1 Литературный обзор	14
1.1 Сталь Гадфильда	14
1.2 Микродеформационные механизмы, действующие в высокомарганцевых аустенитных сталях под воздействием нагрузки	22
1.3 Влияние дробеструйной обработки на метастабильные аустенитные нержавеющие стали	25
1.4 Влияние лазерного оплавления стали 316L на микроструктуру и свойства	28
1.4 Зависимость скорости наноиндентирования аустенитных зерен в метастабильных нержавеющих сталях	30
1.5 Концентрированные потоки энергии	32
1.6 Постановка задач.....	34
2 Материалы, оборудование и методы исследования	36
3 Экспериментальная часть.....	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
4.1 Предпроектный анализ	43
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	43
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
4.1.3 FAST – анализ.....	45
4.1.4 SWOT-анализ.....	54
4.2 Инициация проекта	57
4.3 Планирование управления проектом	59
4.3.1 План проекта.....	59
4.3.2 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты.....	59

4.3.3 Расчет фонда заработной платы	60
4.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования.....	63
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта.....	63
5 Социальная ответственность	67
5.1 Производственная безопасность	67
5.1.1 Требования безопасности, эргономики и технической эстетики к рабочему месту	67
5.1.2 Требования электробезопасности	68
5.1.3 Требования к источникам излучений	71
5.1.3.1 Недостаточная освещённость	71
5.1.3.2 Электромагнитное излучение	72
5.1.3.3 Электростатическое поле	72
5.1.3.4 Напряженность трудового процесса	74
5.1.4 Микроклимат	75
5.1.5 Повышенный уровень шума	76
5.1.6 Требования к системе освещения. Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте инженера-лаборанта	77
5.1.7 Пожарная безопасность	80
5.2 Экологическая безопасность.....	82
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	83
Список используемой литературы	87

Введение

Развитие современных методов технологической обработки металла, таких как высокоскоростная штамповка, а также интенсивное ударно-абразивное изнашивание требует изучения поведения материалов под действием высокоскоростной динамической нагрузки. В данном случае хорошо себя проявила аустенитная марганцовистая сталь 110Г13 (сталь Гадфильда) способная к высокому упрочнению в процессе ударно-абразивного износа в микроструктуре которой наблюдается карбидная сетка по границам зерен. Из работ [1,2] известно, что в зависимости от амплитуды ударной волны характер упрочнения данной стали может существенно меняться. При высокой амплитуде ударной волны (10...20 ГПа) в качестве механизмов упрочнения одновременно участвуют дислокации и двойники деформации. При этом плотность дислокаций достигает 10^{12} см⁻², а двойники деформации формируются в 100% зерен. При уменьшении амплитуды ударной волны (<10ГПа) тыльное упрочнение в основном связано с развитием дислокационной субструктуры.

Для моделирования поведения данного материала в условиях воздействия ударной волны чаще используются электронные пучки, которые образуют ударную волну с большой амплитудой внутри материала. Воздействие электронных пучков позволяет добиться модифицирования приповерхностных слоев металлов и сплавов. Данное модифицирование поверхности увеличивает срок эксплуатации и надёжность использования элементов современных машин. С другой стороны это воздействие может приводить к тыльному упрочнению или даже разрушению.

Целью данной работы является исследование особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтового электронного луча.

1 Литературный обзор

1.1 Сталь Гадфильда

Сталь Гадфильда названа в честь английского металлурга Роберта Гадфильда и им изобретена в 1882 году. Роберт Гадфильд установил, что данная сталь совершенно не похожа на другие стали: после закалки откованный образец стал не тверже, как все стали после закалки, а мягче. Но это была не единственная неожиданность – новая сталь не поддавалась, ни токарной, ни фрезерной обработке. После холоднойковки участки, на которые приходились удары молота, становились твердыми, и чем больше была степень деформации, тем тверже становилась сталь. Благодаря высокой твердости и износостойкости, а также способности выдерживать и поглощать сильные удары без разрушения сталь Гадфильда быстро завоевала признание в промышленности [3].

Сталь Гадфильда, играет большую роль в машиностроении, как конструкционный материал. Изделия из такой стали в условиях эксплуатации, не теряя упруго-вязкостных свойств в основной своей массе, приобретают высокую прочность, твердость и износостойкость поверхностных слоев, подвергаемых внешнему воздействию. Из стали Гадфильда изготавливают: крестовины железных дорог, оконные решётки в тюрьмах, гусеничные траки, детали дробилок [4].

Сталь Гадфильда или сталь 110Г13Л по [5] содержит 0,9 – 1,5% С; 11,5 – 15% Мп; 0,3 – 1,0 Si; $\leq 0,05\%$ S; $\leq 0,12\%$ P; $\leq 1\%$ Cr; $\leq 1\%$ Ni; $\leq 0,3\%$ Cu. И соотношение марганца к углероду соответствует не менее 10.

Сталь с содержанием 12-14 % Мп является стандартной маркой для карьерного оборудования. При переработке особо абразивных материалов наклепанный слой, обычно имеющий глубину около 3мм, может быть изношен или снят за счет абразивного износа при ударе, что ведет к быстрому износу более мягкого не наклепанного основного металла. Эта

марка стали обладает начальной твердостью около 200 НВ. В процессе эксплуатации твердость возрастает примерно до 450 НВ [4].

Марганец является элементом аустенизатором, который в сплавах с железом сильно расширяется γ – твердого раствора. У марганца в отличие от большинства металлов, проявляется межатомная связь не газом свободных электронов, а ковалентная связь, причем она сохраняется и в смешанных железомарганцевых кристаллах. Ковалентная связь осуществляется парами эквивалентных электронов с антипараллельными спинами, принадлежащими одновременно двум соседним атомам. Развитие ковалентной связи способствует уменьшению компактности кристаллической решетки и сильно влияет на механические свойства кристалла [6].

Марганец относится к переходным металлам с незаполненной d-оболочкой. Из всех элементов периодической системы элементов переходные металлы обладают наибольшими энергиями связи. Все модификации марганца обладают аномальными для чистого металла свойствами, чрезвычайно высоким коэффициентом термического расширения и высоким удельным электросопротивлением.

При совместном присутствии в стали марганца и углерода эффект расширения γ -области усиливается. Углерод оказывает существенное влияние на физико-механические свойства высокомарганцевистой стали. Оптимальной является концентрация углерода 1,0-1,2%. Превышение указанных пределов концентрации углерода приводит к резкому снижению ударной вязкости стали и к менее интенсивному росту износостойкости. Это связано с ростом зерна и, следовательно, увеличением склонности стали к трещинообразованию после литья и термической обработки [7]. Снижение концентрации углерода ухудшает прочностные характеристики, и износостойкость стали, а при содержании углерода 0,8% и ниже в структуре стали может появиться мартенситная составляющая, и ее свойства резко ухудшаются. Граница стабильности марганцевистой стали при содержании 13 - 14% Mn составляет 0,8 - 0,9% C [4].

Широкое колебание содержания марганца (10-15%) в стали незначительно влияет на её свойства, а чрезмерное повышение содержания марганца в стали (выше 12-13%) ведет к росту зерна. При уменьшении содержания марганца в стали до 9-11% стойкость стали снижается.

При содержании 1,0-1,3% углерода и 11-14% марганца в высокомарганцовистой стали, аустенит становится очень стабильным, однако критическая скорость выделения карбидов настолько велика, что для получения чисто аустенитной структуры стали требуются высокие скорости ее охлаждения; при этом отливки должны иметь более или менее равномерное сечение. Сталь, имеющая чисто аустенитную структуру без карбидов, вязка и трудно деформируема в холодном состоянии. Присутствие же карбидов значительно ухудшает ее механические свойства. К этой группе относится классическая сталь Гадфильда [8].

На рисунке 1 изображена диаграмма состояния Fe-C-Mn при разных содержаниях углерода и марганца [9].

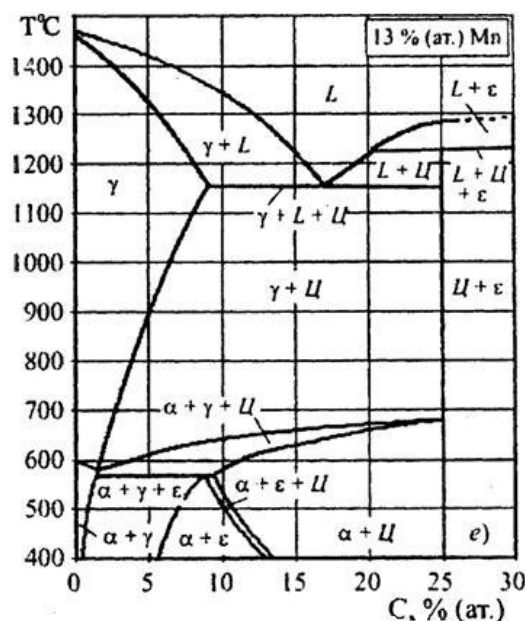


Рисунок 1 – Политермический разрез диаграммы состояния сплава Fe-C-Mn с 13% марганца [9]

Микроструктура стали Гадфильда – аустенит с карбидной фазой переменного состава, которая сосредоточена в основном по границам зерен. Карбидам сопутствуют выделения феррита, которые образовались из-за

обеднения твердого раствора углеродом. Ее можно ковать и прокатывать при высокой температуре, а также подвергать закалке для фиксации аустенитной структуры. Сталь Гадфильда способна к чрезвычайно интенсивному упрочнению при наклепе [9].

На предел текучести марганцовистой стали наиболее эффективно влияют сильные карбидообразователи. Карбидообразователи – Cr, W, Mo, улучшают прочностные характеристики стали, снижают ее пластичность. Сталь с такими добавками имеет грубое дендритное строение с карбидной сеткой по границам зерен и требует достаточно сложной термической обработки с повышенными температурами закалки (до 1100-1150 °С) [7].

Но в большинстве случаев основным дополнительным легирующим элементом является хром. Хром является недорогостоящим элементом и количественное содержание его в стали Гадфильда около 1 %, что улучшает обрабатываемость стали, прочность и износостойкость.

Благотворное влияние на механические свойства высокомарганцовистой стали оказывает мелкое зерно, что достигается деформацией. С увеличением времени холодной деформации сталь упрочняется сильнее – происходит наклеп и уплотнение кристаллической решётки. Твердость достигает 500-650 НВ. При деформации, близкой к точке разрушения металла, сталь может приобрести твердость, равную 800-850 НВ [3]. Физико-механические свойства литой стали Гадфильда указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Механические свойства [4]

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное сужение ψ , %	Относительное удлинение пластичность δ , %	Твёрдость по Бринеллю НВ
800-900	310-350	30-50	15-20	200

Таблица 2 – Физические свойства [4]

Модуль упругости E, МПа	Модуль сдвига G, МПа	Плотность ρ , кг/куб. м
200000	78000	7820

Сталь Гадфильда может выдерживать сжимающую нагрузку до 550 МПа, с пластической деформацией 50-55 % [7].

Жидкотекучесть данной стали хорошая и улучшается с увеличением содержания углерода. Также жидкотекучесть улучшают марганец, кремний и фосфор. Усадка высокомарганцевистой стали при литье гораздо выше, чем у углеродистых сталей. Большое значение линейной усадке приводит к появлению горячих трещин и усадочных раковин в отливках [8].

Склонность стали Гадфильда к образованию горячих трещин обусловлена не только большой линейной усадкой, также причиной являются: пониженная теплопроводность, высокое сопротивление формы усадке, повышенная чувствительность металла к перегреву при заливке и концентрация напряжений в частях отливок, низкая пластичность и прочность стали при высокой температуре [4].

Ударная вязкость – является одной из важнейших характеристик надежности отливок из высокомарганцевой стали. Несмотря на большое число работ, посвященных стали, нет еще единой теории само упрочнения ее при ударном нагружении. По мнению ряда авторов, большую роль в упрочнении стали Гадфильда играет измельчение блоков и микронапряжения. Высокая вязкость аустенита наряду с достаточной прочностью и износоустойчивостью делает сталь Гадфильда незаменимым материалом для деталей, работающих на износ и удар одновременно. Отливки из стали редко подвергаются дополнительной обработке, так как она плохо обрабатывается резанием из-за наклепа поверхности в процессе резания [7]. Ударная вязкость чувствительна как к изменению химического состава стали, так и параметров ее плавки, разливки, кристаллизации и

термической обработки. Однако имеются данные, свидетельствующие о том, что ударная вязкость стали не зависит от ее химического состава и практически полностью определяется степенью загрязнения металла оксидными неметаллическими включениями при отсутствии остаточных железомарганцевых карбидов [4].

В условиях истирания со значительными ударными или большими удельными статистическими нагрузками, сталь Гадфильда обладает высокой износостойкостью, однако эта сталь быстро выходит из строя при интенсивном абразивном износе (когда ударная или удельная статическая нагрузка невелика и непостоянна). В этих условиях износостойкость высокомарганцевой стали низкая. Это происходит потому, что поверхность отливок из высокомарганцевой стали при эксплуатации не успевает получить достаточное упрочнение (не наклепывается) [7].

Микроструктура стали Гадфильда состоит в основном из аустенита и карбидов, поэтому рассмотрим данные структуры.

Аустенитная структура отличается полиэдрической формой зерен, внутри которых часто наблюдаются характерные двойники, показанные на рисунке 2 (1). При окислительном травлении шлифа на нем возникает тончайшая окисная пленка, которая имеет различную толщину на поверхности каждого зерна, зависящая от кристаллографической ориентации зерна. Таким образом, вместо гладкой поверхности шлифа на нем образуется характерный рельеф в виде впадин и выступов. На рисунке 2 (2, 3, 4, 5) схематически показаны зерна аустенита. Очень часто в структуре марганцевых аустенитных сталей появляются тонкие линии, покрывающие аустенитные зерна. Эти линии появляются вследствие возникновения внутренних напряжений при холодной деформации, а также при затвердевании металла, а в некоторых случаях и при закалке. Эти тонкие линии очень часто не исчезают и после последующих термических обработок. Структура такой аустенитной стали схематически показана на

рисунке 2(б). В структуре металла отливок очень часто можно наблюдать типичное дендритное строение (рис.2 (7)).

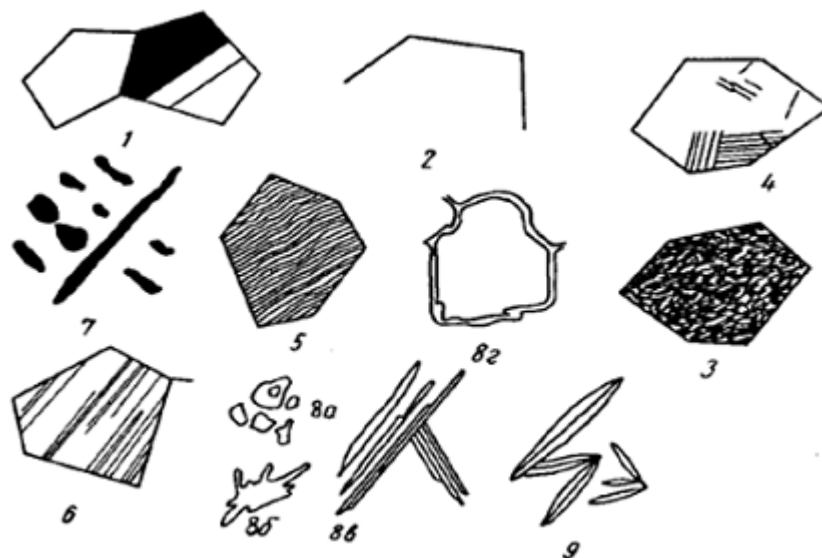


Рисунок 2 – Схемы основных структур высокомарганцевых сталей [8]

Марганец образует с углеродом карбид Mn_3C , который дает непрерывный ряд твердых растворов с цементитом Fe_3C . При большем содержании углерода в стали, чем это соответствует эвтектоидному составу, и при медленном охлаждении стали из твердого раствора выделяются карбиды. Форма выпавших карбидов может быть очень разнообразна; на рисунке 2 (8а, 8б, 8в, 8г) показаны четыре характерных вида карбидов. Эти карбиды могут выпадать по границам аустенитных зерен и образовывать непрерывную сетку (рис. 2 (8г)) или выделяться в виде карбидных игл, как показано на рис. 2 (8в). Карбиды также могут выделяться в виде массивных сфероидальных (рис. 2 (8а)) или несфероидальных частиц (рис. 2 (8б)) [8].

Мартенсит имеет игольчатое строение, как показано на рисунке 2 (9).

Главная особенность стали Гадфильда это чрезвычайно выраженная ее способность к упрочнению (наклепу) при холодной деформации в местах, контактирующих с внешними прилагаемыми нагрузками. Склонность стали к наклепу характеризуется повышением твердости от 180-200 НВ до 550-800 НВ. Упрочнение этой стали в процессе ее холодной пластической деформации объясняется двумя основными факторами:

- возникновение высокой общей плотности дислокаций, большого числа дефектов упаковки и механических двойников, что приводит к изменению тонкой кристаллической структуры (дроблению зерен на блоки и разориентации этих блоков в пределах зерна). Возникающие на начальной стадии пластической деформации дефекты упаковки с увеличением степени деформации могут переходить в двойники. Расположение дефектов упаковки может быть хаотическим и упорядоченным. Двойники являются одним из основных структурных элементов деформированной стали. С повышением температуры испытания количество двойников уменьшается. В деформированной стали двойники встречаются в незначительных количествах или отсутствуют;

- образование в плоскостях сдвига вторичных фаз (мартенсита деформаций и карбидов), которые являются эффективными барьерами, затрудняющими пластическое течение металла. Однако в [7] показано, что мартенсит образуется в очень малых количествах и поэтому его влияние не может быть решающим, тем более что образование мартенситных фаз начинается при деформации не менее 30-50 % и максимальный прирост твердости не соответствует максимальному количеству α -фазы;

Это объясняется тем, что дислокационная структура, а возможно, и фазовый состав, зависят от условий нагружения [6].

Термообработка стали Гадфильда заключается лишь в закалке. Температура закалки зависит от содержания углерода в стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем выше температура закалки. При содержании углерода в стали 1% достаточная температура для закалки равна 900°C; при содержании 1,5% С температура нагрева должна быть выше 1000°C. На практике применяют более высокие температуры, например при 1-1,4% С, нагревают до температур 1000 - 1050°C и охлаждают в воде. Повышение температуры нагрева обеспечивает полное растворение карбидов, которые ухудшают качество отливки. Продолжительность выдержки при высокой температуре зависит от толщины отливки. При средней толщине

отливки 30 мм выдержка в течении 4 часов, а при толщине 125 мм необходимо выдерживать 24 часа при температуре закалки.

Литая сталь Гадфильда имеет вязкость и износостойкость почти такую же, как и закалённая. Но литая сталь по сравнению с закалённой сталью является очень хрупкой. Причиной этого – влияние карбидной сетки, вызывающей сильную концентрацию внутренних напряжений. Поэтому отливки из марганцевой стали следует закалять [8].

1.2 Микродеформационные механизмы, действующие в высокомарганцевых аустенитных сталях под воздействием нагрузки

Высокомарганцевые аустенитные стали, являются альтернативой магниевым (Mg) и алюминиевым (Al) сплавам и в настоящее время нашли широкое техническое применение в таких видах промышленности, как автомобильная, железнодорожная и горнодобывающая. Тем не менее, этот класс сталей отличается сложными микроструктурными взаимодействиями во время деформации, которая делает механические свойства и деформационное поведение трудно предсказуемым для любой микроструктуры. Поэтому они до сих пор подвергаются многочисленным исследованиям.

Главным образом эти исследования сосредоточены на стали Гадфильда с процентным содержанием углерода 1-1,4% и 10-14 % марганца. Она обладает стабильной аустенитной микроструктурой с гранцентрированной кубической (ГЦК) решеткой, представляя собой хорошее сочетание высокой прочности и значительной пластичности в дополнение к высокой степени износа и сопротивления трению. Одним из важных выводов, сделанных из предыдущих работ, было то, что малая энергия дефектов упаковки способствовала образованию двойников деформации. Они обеспечивают эффективные барьеры для скольжения дислокаций, что способствует значительному деформационному упрочнению [10]. С другой стороны, энергия дефектов упаковки увеличивается за счет

легирования стали, такими элементами, как алюминий (Al) и кремний (Si). Это способствует пластической деформации с преобладанием скольжения при уменьшении вклада двойников и дефектов упаковки в общее упрочнение [10]. Тем не менее, даже в случае высокой энергии дефектов упаковки, взаимодействие между дислокациями с разными особенностями микроструктуры такими, как дислокационные стенки, способствует быстрой деформации и упрочнению в этом классе сталей [10].

В дополнение к энергии дефектов упаковки, температура деформации и динамическое деформационное старение также оказывают существенное влияние на режим закалки высокомарганцевых (Mn) сталей. Во-первых, с увеличением температуры преобладающим механизмом деформации становится скольжение [10] и, таким образом, из-за затрудненного взаимодействия с двойниками и двойниковыми границами, способность материала принимать закалку снижается. Кроме того, взаимодействие между атомами углерода в кластерах C - Mn и дислокаций, а также переориентация атомов углерода в ядрах дислокаций приводит к динамическому деформационному старению и улучшает способность упрочнения стали Гадфильда, препятствуя движению дислокаций [10].

Все эти исследования стали Гадфильда с относительно высоким содержанием марганца (13-30% Mn) привели к высокой пластичности стали за счет развития двойникования или ТВИП-эффекта [10]. Этот класс сталей обладает отличным сочетанием высокой прочности и пластичности: чаще всего при высоких скоростях деформации ТВИП-стали при различных температурах обладают прочностью до 1500 МПа, удлинением до 90%, а также высокой ударной вязкостью в пределах от 90 до 120 Дж/см²[10]. В дополнение к этим превосходным механическим свойствам, ТВИП-стали обладают относительно низкой плотностью ($\rho \approx 7,3$ г/см³), и гораздо более высокой емкостью поглощения энергии (0,5 Дж/мм³), чем у обычных сталей с типичными значениями плотности и энергии поглощения 7,8 г/см³ и 0,25 Дж/мм³ соответственно [10].

Во многих исследованиях сообщалось, что образование двойников, сопровождающееся дополнительными микромеханизмами такими, как дефекты упаковки, динамическое деформационное старение и взаимодействие скольжения и двойникования, преобладает над деформационным откликом ТВИП-сталей, где роль дислокационного скольжения остается довольно ограниченной [10]. В частности, в начале пластической деформации двойники начинают образовываться в виде нано - и микродвойников, далее увеличиваются во время пластической деформации, образуя двойниковые границы. В материалах, которые только деформированы дислокационным скольжением, средней длиной свободного пробега дислокаций является функция плотности границы зерна и взаимодействие дислокаций. Тем не менее, в случае ТВИП-стали границы двойников, сформированные в микроструктуре, также играют важную роль. В частности, средняя длина свободного пробега дислокаций уменьшается за счет увеличения границ двойников, которые действуют как сильные препятствия против дислокационного скольжения и говорят о заметном деформационном упрочнении в ТВИП-сталях [10]. Это известно как ТВИП-эффект, который запускается при низких или средних значениях энергии дефектов упаковки ($12-35 \text{ МДж/м}^2$) [10]. ТВИП-эффект и микроструктурные взаимодействия, приостанавливают наступление разрушения, поскольку они являются препятствиями для дислокаций скольжения, в результате высокий предел прочности на разрыв сочетается одновременно с высокой пластичностью [10].

Вышеупомянутые исключительные механические характеристики ТВИП-стали отмечаются в различных исследованиях, которые посвящены механическим свойствам при растяжении [10], поведению деформации и соответствующим микромеханизмам [10], усталости [10], влиянию легирующих элементов [10] и разрушению [10] высокомарганцевых ТВИП-сталей. ТВИП-стали имеют высокую способность к деформационному упрочнению вследствие взаимодействия ТВИП-скольжения при растяжении

или сжатии. Тем не менее, есть ограниченный ряд исследований эволюции микроструктуры в высокомарганцевых сталях при высокой скорости деформации [10]. Несмотря на это, Вэн и др. [10] и Токер и др. [10] сообщают о деформации поведения аустенитной высокомарганцевой стали нового поколения при ударной нагрузке. По имеющимся у авторов сведениям, детальный анализ эволюции микроструктуры высокомарганцевых сталей при ударной нагрузке, которая устанавливает как температуру, так и химическую зависимость состава, еще не проводился.

Условия нагрузки такие, как температура деформации и скорость, и химический состав материала, играют решающую роль при определении доминирующего механизма деформации.

В настоящее время ряд экспериментов открыл место для исследования сложной реакции деформации высокомарганцевых аустенитных сталей, с образованием двойников по различным механизмам, с приложениями ударной нагрузки в широком диапазоне температур. Было показано, что образование двойников значительно способствует общему упрочнению высокомарганцевых аустенитных сталей вследствие прогрессирующего характера взаимодействия ТВИП-скольжения, так как двойники образуются на ранних стадиях деформации и начинают взаимодействовать со скользящими дислокациями [10]. При повышенных температурах деформация осуществляется за счет скольжения и двойникования, а при понижении температуры преобладает процесс формирования нанодвойников.

1.3 Влияние дробеструйной обработки на метастабильные аустенитные нержавеющие стали

Метастабильные аустенитные нержавеющие стали можно рассматривать как ТРИП- (пластичность, наведенная превращением) стали, потому что образование пластической деформации, либо в процессе формирования, либо в условиях эксплуатации, может привести к деформационному превращению аустенита в мартенсит [11]. Два типа

мартенсита могут образовываться в аустенитной нержавеющей стали: ϵ и α' . ϵ -мартенсит имеет гексагональную плотноупакованную кристаллографическую структуру, в то время как α -фаза имеет объемно-центрированную кубическую решетку [11]. Последовательность трансформации можно представить как $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$ [11]. С другой стороны, прямая трансформация аустенита в α' -мартенсит ($\gamma \rightarrow \alpha'$) также наблюдается [11]. Эти фазовые превращения могут выступать в качестве упрочняющих механизмов, которые делают эти стали возможными для использования в автомобильной промышленности, в частности, для строительства кузовов, потому что они сочетают в себе отличную формоваемость и способность к поглощению внешней энергии вместе с хорошей коррозионной стойкостью [11].

Среди самых разнообразных обработок поверхности, дробеструйная обработка является одним из наиболее широко используемых методов для повышения прочности и усталости металлических частей в широком диапазоне отраслей промышленности таких, как автомобильная, аэрокосмическая и нефтехимическая [11]. Эта обработка позволяет формировать напряжения сжатия в поверхностном слое, которые препятствуют появлению трещин, а также создают эффект залечивания уже имеющихся трещин и исключают их распространение. Недавние исследования [11] показали, что образование слоя нанозерен на поверхности образцов приводит к улучшению усталостной прочности. Тем не менее, это верно до тех пор, пока плотность и размер поверхностных дефектов, вызванных дробеструйной обработкой, не являются значительными [11].

Многочисленные исследования показали благотворное влияние дробеструйной обработки на аустенитные нержавеющие стали [11], описывая роль остаточных напряжений на усталостную долговечность. Тем не менее, существует мало информации, связанной с метастабильными аустенитными нержавеющими марками. Клебер и др. [11] измеряли содержание мартенсита, индуцированного дробеструйным упрочнением, в зависимости от глубины

поверхности. В настоящей работе были изучены отношения между микроструктурными изменениями, вызванными дробеструйной обработкой и поведение усталости метастабильной стали. Были выбраны два различных состояния стали: отожженная (с полностью аустенитной микроструктурой), и холоднокатаная (с двухфазной микроструктурой, составленной из аустенита и мартенсита). Влияние дробеструйного упрочнения оценивали не только с учетом индуцированного мартенсита, но и влияния ранее существовавшего мартенсита, полученного при холодной прокатке.

Ряд авторов продемонстрировали, что сильная пластическая деформация может приводить к уменьшению размеров зерен на несколько порядков: чистые металлы могут быть доведены до максимума 140 нм [11], дисперсионные сплавы до 50 нм [11] и сплавы на основе твердых растворов до 26 нм [11].

Влияние дробеструйного упрочнения на метастабильную аустенитную нержавеющую сталь было проанализировано на той же марке стали, но с учетом двух ранее существовавших марок α -мартенсита: менее 3 % для отожженного состояния и 38 % для холоднокатаного материала. Основные выводы, сделанные в результате исследования, можно обобщить следующим образом:

- Дробеструйное упрочнение вызывало более высокую пластическую деформацию на отожженных образцах, как следствие, демонстрировало более высокую шероховатость и большую толщину закаленного слоя.

- Обширный аустенит-мартенситный фазовый переход был измерен для отожженного состояния после дробеструйной обработки, достигнув 30 %-ного увеличения. Для холоднокатаных образцов наличие ранее существовавшего α' -мартенсита сильно замедляло долю мартенсита, индуцированного дробеструйным упрочнением.

- Поперечный разрез образцов с дробеструйным упрочнением, выполненных сфокусированным ионным пучком, выявил образование ультра

мелкозернистого слоя толщиной 0,5-1 мкм на поверхности, как для изученных стальных условий.

- Высокая шероховатость и микротрещины, образующиеся при дробеструйной обработке, явно обусловили усталостное поведение отожженных образцов. Поэтому после дробеструйного упрочнения были получены аналогичные или даже более низкие пределы усталости.

- Напротив, отсутствие микротрещин позволило значительно улучшить предел усталости для образцов с дробеструйной обработкой в холодном прокате, поскольку расстояние от инжектора является наиболее влиятельным параметром, а затем в порядке важности с учетом скорости выстрелов и коэффициента охвата соответственно.

1.4 Влияние лазерного оплавления стали 316L на микроструктуру и свойства

За последние несколько десятилетий аддитивное спекание деталей значительно изменилось от лабораторного производства до изготовления промышленных функциональных деталей [12]. Для металлов существуют две распространенные технологии лазерного спекания: селективное лазерное плавление [12] и прямое лазерное нанесение [12] (лазерное проектирование сетчатой формы). В первом способе детали создаются путем нанесения послойных дорожек порошка (расплава) на первоначальную подложку. Прямое лазерное нанесение продемонстрировало способность эффективно изготавливать широкий спектр материалов: титановые сплавы, инструментальные стали, аустенитные стали, мартенситные стали, суперсплавы на основе никеля и сплавы на основе кобальта [12].

Существует много параметров процесса, которые могут быть выделены и проконтролированы во время прямого лазерного нанесения. Это мощность лазера, относительная скорость перемещения лазера, скорость подачи порошка, толщина слоя и пространство штриховки (расстояние от дорожки к дорожке). Эти параметры влияют на форму и динамику ванны

расплава, вызванные лазером, и степень локализованного нагрева (и охлаждения) в процессе прямого лазерного нанесения - таким образом, влияя на микроструктуру создаваемых деталей [12].

Успех прямого лазерного нанесения и неизбежная термическая история деталей также зависят от параметров «дизайна» таких, как: ориентация детали во время сборки, количество/размер деталей (или общий объем детали), сложность деталей (например, постоянное или поперечное сечение) и стратегии/шаблона сканирования. Некоторые параметры дизайна, такие как сложность/размер детали, ограничиваются механизмом прямого лазерного нанесения и камерой печати, в то время, как другие могут быть установлены до или во время прямого лазерного нанесения - например, ориентация детали и стратегия / шаблон сканирования.

В [12] основное внимание уделяется микроструктурным характеристикам и механическим свойствам (т.е. растяжению, сжатию и микротвердости) нержавеющей стали 316L при прямом лазерном нанесении и их зависимости от термической истории, которая контролируется через два разных межслоевых интервала времени и после термической обработки прямого лазерного нанесения.

Результаты показывают, что межслойные (и внутрислойные) интервалы времени, испытываемые во время прямого лазерного нанесения, оказывают существенное влияние на термическую историю и, следовательно, обремененную микроструктуру (т.е. размер и морфологию зерна) и механические свойства (т.е. напряжение, сжатие и микротвердость) нержавеющей стали 316L с прямым лазерным нанесением. По результатам работы авторами были сделаны следующие выводы:

1. Более длинные интервалы времени между слоями увеличивают скорость охлаждения/затвердевания вдоль каждого слоя, что приводит к более тонкой микроструктуре и более высоким пределам текучести и предела прочности при растяжении, а также к более низкому удлинению до разрушения.

2. Каждый слой обладает уникальной термической предысторией, при этом слои вблизи монтажной пластины испытывают больше термических циклов относительно конечных осажденных слоев.

3. Термическая обработка увеличивает размер зерна, что приводит к снижению предела прочности при растяжении и микротвердости. Показано, что образцы с термообработкой являются более пластичными по сравнению со стандартными образцами.

5. По мере увеличения скорости кристаллизации ванны расплава формируются различные микроструктуры. Обнаруживаются как крупнозернистые столбчатые зерна с меньшей микротвердостью, так и мелкие равноосные зерна с более высокой микротвердостью сосредоточенные вблизи центральной части заготовки.

6. Никаких существенных различий между девятистрочными образцами и одиночными образцами не наблюдалось в отношении объемной доли аустенита и ферритной фазы или распределения химического состава.

7. Механические свойства образцов, полученных методом лазерной инженерии и имеют более высокий предел прочности и текучести по сравнению с их литыми и деформированными аналогами, что объясняется более высокими скоростями охлаждения, присущими прямому лазерному нанесению.

1.4 Зависимость скорости наноиндентирования аустенитных зерен в метастабильных нержавеющей сталях

Аустенитные нержавеющей стали широко используются в качестве конструкционных материалов для многих промышленных применений таких, как трубопроводы теплоносителя реактора, железнодорожные вагоны, кузова грузовиков из-за их превосходных механических свойств и коррозионной стойкости [13]. Эти стали содержат стабилизирующие аустенит элементы, такие как Mn, Ni и N, которые при добавлении в достаточных концентрациях сохраняют аустенитную фазу при комнатной температуре [13]. Однако она

может превращаться в мартенсит во время холодной обработки. Эти свойства обусловлены деформационно-индуцированным мартенситным превращением.

Метастабильные аустенитные нержавеющие стали подвергаются фазовому превращению от γ -аустенита до ϵ - и α' -мартенситов [13]. Мартенситные фазы вызывают изменения объема: α' -мартенсит - объемное расширение 1-4%, а ϵ -мартенсит - сокращение объема. Зародыши α' -мартенсита формируются на дислокационных скоплениях, а зародыши ϵ -мартенситные на дефектах упаковки [13].

В [13] представлены экспериментальные результаты, показывающие зависимость между твердостью и кристаллографической ориентацией отдельных зерен аустенита, с целью обеспечения микромеханического понимания механического поведения метастабильных аустенитных нержавеющих сталей. Наноиндентирование использовалось для определения механических свойств отдельных зерен и активации различных механизмов деформации, включая фазовое превращение.

Исходная микроструктура стали содержала двойники в отдельных аустенитных зернах, размер которых составляют 40,75 мкм в виде крупных зерен и 5,71 мкм в виде мелких зерен, также наблюдаются некоторые мартенситные пластинки, гетерогенно распределенные в матрице.

Для некоторых конкретных кристаллографических ориентаций деформация, вызванная наноиндентированием, может вызвать поворот решетки. Это явление в последнее время привлекло внимание и обсуждалось рядом авторов [13] и объясняется различными активными системами скольжения, обусловленными геометрией индентора, вызывающим постепенное изменение оси нагружения при вдавливании [13].

Оценка кривых нагрузки-разгрузки для вдавливания для одиночных углублений, выполненных для различных кристаллографических ориентаций: (001), (101) и (111) показала, зерно γ (111) достигает более высокой нагрузки, чем зерно γ (001), что означает, что (111) зерна аустенита

более твердые. Модуль упругости также зависит от ориентации зерен [13]. Однако в настоящем исследовании относительный размер углублений по сравнению с размером зерна не может гарантировать, что упругое поле было ограничено одним зерном, и поэтому среднее значение E фактически было измерено. Напротив, пластическое поле меньше, чем размер зерна, и показатели твердости соответствуют одиночным зернам.

Поле пластической деформации, создаваемое во время наноиндентирования, ограничено отпечатком, взаимодействующим с несколькими зернами. В данном конкретном случае никакое фазовое преобразование (от γ до α') не может быть оценено под отпечатком.

Оценка износа для различных аустенитных кристаллографических ориентаций (γ (001), γ (101) и γ (111)), а также для мартенситной фазы показывает, что зерна γ (111) могут иметь коэффициент износа, аналогичный значению мартенситной фазы. Это поведение может быть связано с микроструктурными и деформационными факторами (то есть границами зерен, двойниками, неоднородностями по химическому составу вдоль зерна и т. д.), которые играют важную роль в процессе вдавливания. В этом смысле необходимы дальнейшие исследования, чтобы прояснить реальный вклад каждого фактора.

Твердость зерен аустенита определялась как функция ориентации кристалла. Статистический анализ данных из 640 наноиндентаций показал, что твердость (001) и (101) была ниже, чем зерен (111), тогда как модуль упругости оставался постоянным и составлял 200 ГПа. Трансформация из аустенита в мартенсит наблюдалась как следствие сложных полей напряжений, индуцированных наноиндентированием, представляющих собой линзовидную форму вокруг отпечатка.

1.5 Концентрированные потоки энергии

Концентрированные потоки энергии (КПЭ) – это методы обработки микро- и макроповерхностей материалов, где инструментом обработки

являются частицы: электроны, фотоны, атомы, ионы, обладающие и свойствами волны, которые сконцентрированы в пучки сравнительно малых поперечных размеров. Минимальная плотность мощности энергии около 10^3 Вт/см². [14-15]

По общим физическим признакам все источники генерации КПЭ можно классифицировать на следующие виды (рисунок 3) [15]. В качестве источников КПЭ для наплавки и ударной обработки нашли широкое применение мощные импульсные лазерные, плазменные, ионные и электронные пучки.

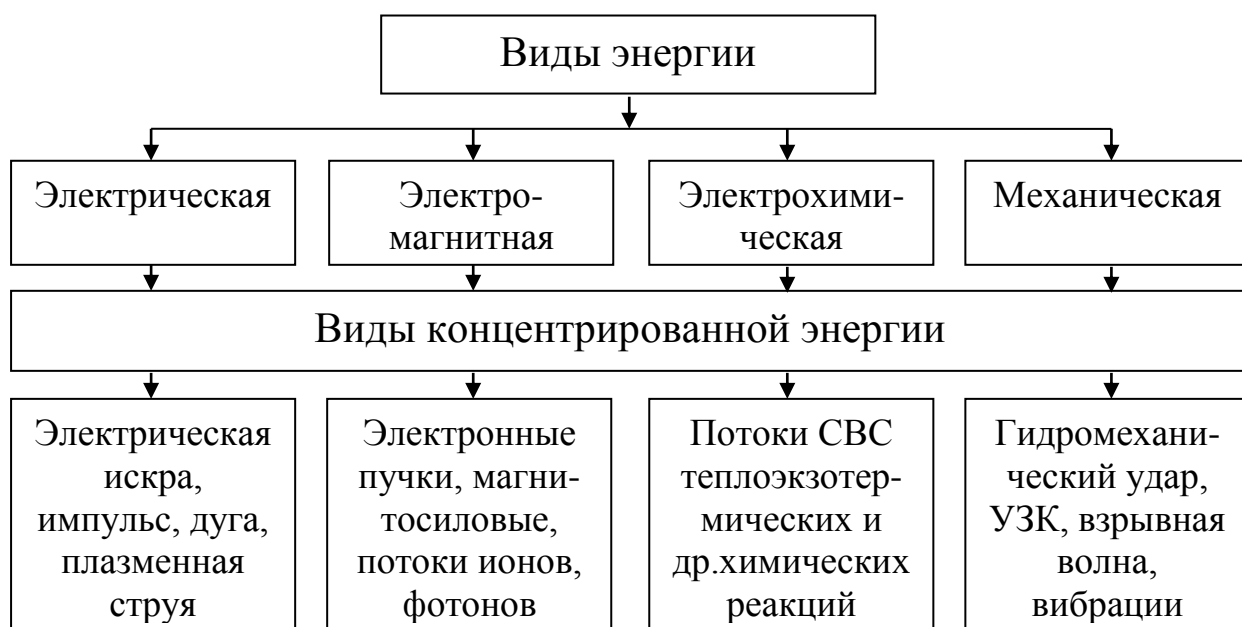


Рисунок 3 – Классификация видов КПЭ [15]

Наиболее интенсивно развиваются методы модификации поверхности материалов с помощью облучения КПЭ с плотностью мощности $W \approx 10^3 \dots 10^9$ Вт/см² и длительностью импульса $10^{-8} \dots 10^{-5}$ с. При воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) реализуется сверхбыстрый нагрев (до $1 \cdot 10^{12}$ К/с), плавление, испарение и сверхбыстрое ($1 \cdot 10^{10}$ К/с) затвердевание материала. Эти процессы позволяют формировать в приповерхностном объеме материала аморфные и нанокристаллические структуры, метастабильные фазы, которые в традиционных технологических

процессах невозможно получить. Кардинальные изменения структурно-фазового состояния поверхностных слоев могут обеспечивать улучшение механических и физических свойств материала. Поэтому данные методы модификации поверхности металлических материалов являются перспективным направлением современного металловедения.

В качестве источников КПЭ для наплавки и ударной обработки нашли широкое применение мощные импульсные лазерные, плазменные, ионные и электронные пучки.

1.6 Постановка задач

Из анализа литературы следует, что материалы, обладающие высоким сопротивлением разрушению при статических знакопеременных и динамических ударных нагрузках в широком интервале температур, способные к длительной эксплуатации, заслуживают большое внимание и представляют особый интерес. К таким материалам относятся стали аустенитного класса: хромоникелевые стали (стали 12X18H10T, 304, 304L) и высокомарганцовистые износостойкие (сталь 110Г13), которые имеют совершенно разное назначение. Сталь Гадфильда обладает повышенной вязкостью и износостойкостью, отлично работает в условиях ударно-абразивного износа и высокоскоростного нагружения [1]. Однако механизмы их деформации и разрушения в условиях динамического нагружения до конца не выяснены при условии, что в их структуре могут присутствовать дополнительные фазы (α - фаза в стали 304L и карбиды типа M_3C в стали 110Г13). Большую информацию по ударному нагружению может дать обработка стали 110Г13 КПЭ. Они не только оплавливают (испаряют или формируют лунку абляции) обрабатываемую поверхность, но и могут формировать квазиплоскую ударную волну различной амплитуды, распространяющуюся в объем мишени. Это приводит как к объемному упрочнению [2].

Сильноточные электронные пучки являются источниками высокоскоростной деформации ($\epsilon \sim 10^6 \text{ с}^{-1}$), которая является причиной смены механизма деформации и разрушения ГЦК металлов [1]. Так, например, сталь Гадфильда при квазистатическом нагружении и ударном изломе разрушается по телу зерна, в то время как ударно-волновое нагружение СЭП вызывает интеркристаллитное разрушение, связанное с локализацией пластической деформации на границах зёрен, содержащих карбиды типа M_3C [2].

На основании вышеизложенного целью данной работы является исследование особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сделать анализ литературы по исследуемому вопросу и осуществить постановку задачи исследования;
- провести анализ микроструктуры образцов после ударно-волнового нагружения в объеме металла тыльного упрочнения;
- построить графики распределения микротвердости в поперечных сечениях мишени относительно оси пучка электронов в тыльной ее части, где фиксируется повышение твердости в приосевой части пучка;
- дать анализ особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.

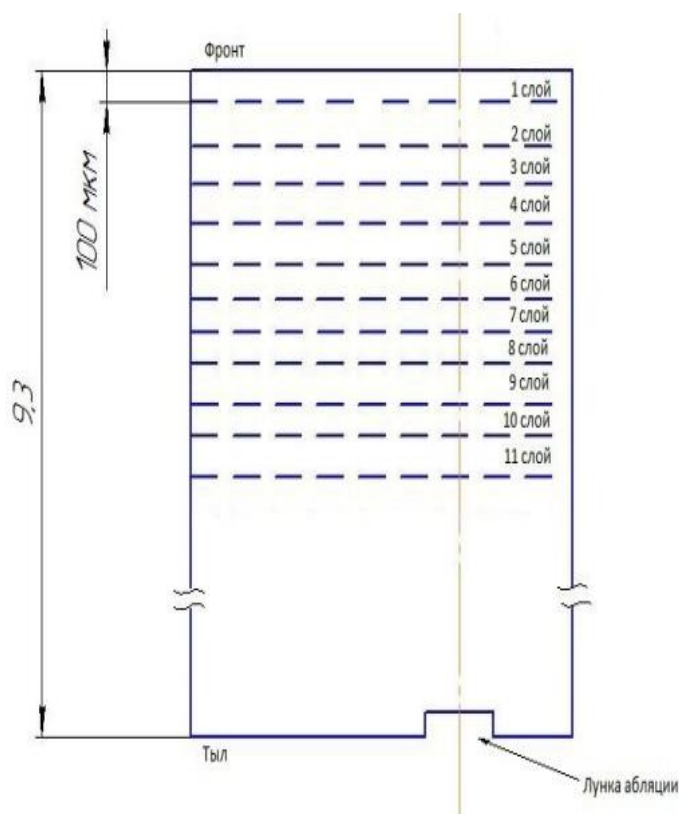
2 Материалы, оборудование и методы исследования

В работе в качестве мишени для динамического нагружения использовали пластину 20×20 мм, толщиной $d = 9.3$ мм, вырезанную из стали 110Г13 следующего химического состава (% вес.): (Fe – 14.2 Mn – 1.5 Si – 1.2 C – 0.3 Cr – 1.03 Ni – 0.0052 S – 0.024 P). После закалки от 1050°C (2 часа) в воду образцы имели ГЦК-структуру со средним размером зерна 118 мкм, микротвердостью 1700 МПа, пределом текучести $\sigma_{0.2} = 410$ МПа, пределом прочности $\sigma_B = 940$ МПа и относительным удлинением $\delta = 33\%$ [2].

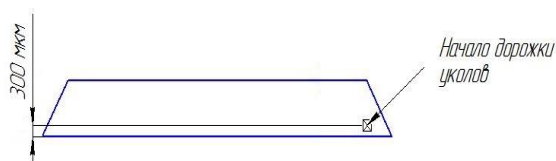
В качестве генератора ударных волн использовали электронный ускоритель «СИНУС-7» с параметрами электронного пучка: максимальная энергия электронов 1.35 мВ, максимальный ток в диоде 20 кА, длительность импульса на полувысоте 45 нс, максимальная плотность мощности на мишени 3.4×10^{10} В/см². Мишени из стали 110Г13 устанавливали за графитовой диафрагмой диаметром 8 мм и толщиной 3 мм в заземленном аноде. Тыльная поверхность мишени оставалась свободной.

Образцы шлифовали на наждачной шлифовальной тканевой водостойкой бумаге, поставляемой по ГОСТ 13344-79, далее использовали алмазные пасты по ГОСТ 25593-83. Завершающим этапом подготовки шлифов было полирование с использованием алмазной пасты нанесенной на фетр. Контроль снятого материала проводился при помощи микрометра. Химическое травление шлифов осуществляли в 4% растворе азотной кислоты (HNO₃) в этиловом спирте, для выявления аустенитного зерна и двойников деформации.

Микроструктуру материалов исследовали с помощью оптической и растровой электронной микроскопии (ОМ, РЭМ). Исследование фазового состава образцов проводили с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 в фильтрованном CoK α - излучении в интервале углов $2\theta = 15 \dots 150^\circ$ с шагом $0,1^\circ$.



а)



Нагрузка 100 гр, шаг укола 100 мкм.

б)

Рисунок 4 - Схема а) подготовки шлифов б) положение образца на предметном столике микротвердомера ПМТ-3

Микротвердость образцов после нагружения измеряли на приборе ПМТ-3 на поперечных шлифах с шагом по глубине 100 мкм при нагрузке 0.981 Н. После облучения СЭП, мишени разрезались по толщине и готовились шлифы.

Микротвердость по оси мишени измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 с нагрузкой 1Н. Анализ макро- и микроструктуры проводили с помощью оптического микроскопа OlympusGX51, снабженного анализатором изображений SIAMS 700.

3 Экспериментальная часть

На рисунке 5 представлены данные изменения микротвердости по толщине мишени для стали 110Г13 после ударно-волнового нагружения. Видно, что со стороны фронта непосредственно под лункой абляции наблюдается увеличение микротвердости на глубине ~ 700 мкм. Максимальная микротвердость мишени составляет 4.7 ГПа. На больших глубинах микротвердость монотонно снижается, оставаясь выше исходной (1.7 ГПа). Монотонное снижение микротвердости справа от максимума хорошо согласуется с затуханием ударной волны в процессе ее распространения от лицевой к тыльной поверхности, рис. 6 [2].

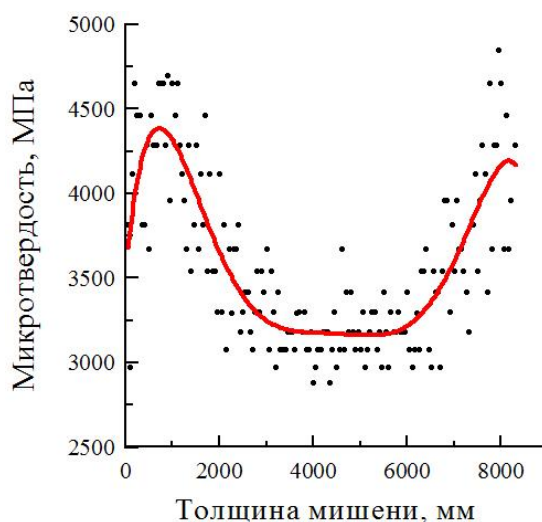


Рисунок 5 – Изменение микротвердости по толщине мишеней после ударно-волнового нагружения (исходная толщина мишени 9.3 мм) [1]

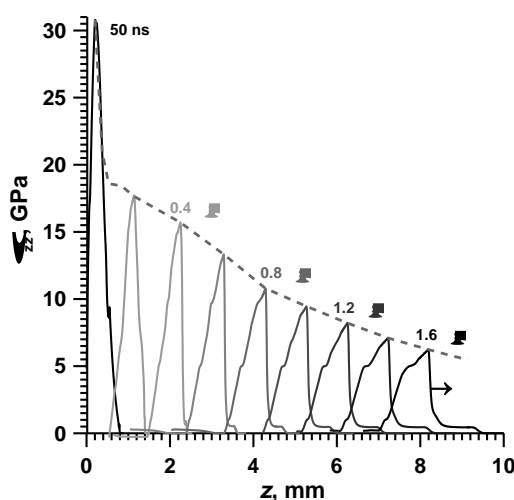
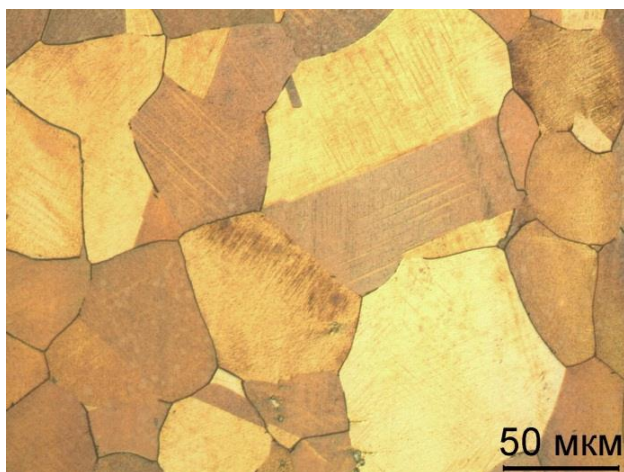


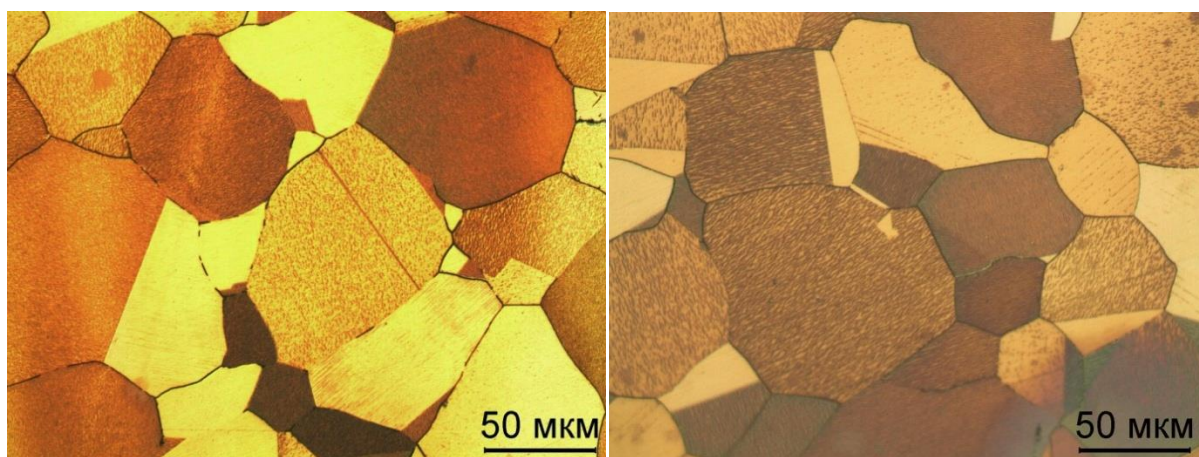
Рисунок 6 – Изменение амплитуды ударной волны в разные периоды времени при распространении ее в нержавеющей аустенитную сталь [2].

Разупрочнение вблизи лицевой поверхности связано с тем, что в зоне теплового влияния пучка материал наряду с деформационным упрочнением подвергается интенсивному тепловому воздействию (отжигу). Упрочнение вблизи тыльной поверхности образца обусловлено взаимодействием прямой и отраженной волн.

Из ранее проведенных работ [1] установлено, что упрочнение материала вблизи лицевой поверхности связано с интенсивным развитием деформационного двойникования и дислокационного скольжения: в 100% зерен выявлены двойники деформации, развивающиеся в одной или двух системах (рис. 7а), и увеличение плотности дислокаций с $\sim 10^8$ до $\sim 10^{10}$ см⁻².



а



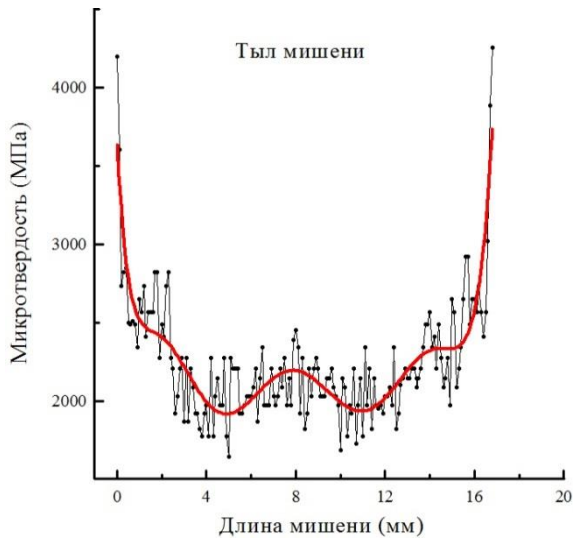
б

в

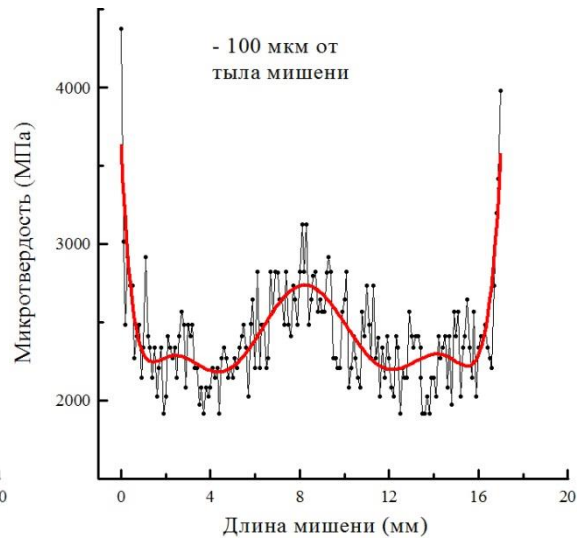
Рисунок 7 – Микроструктура поперечного сечения образцов из стали Гадфильда ударно упрочненных в безоткольном режиме; а - участок лицевого пика, б - середина мишени, в - тыльного пика.

На больших глубинах, вплоть до тыльной поверхности, деформация двойникованием становится неоднородной: двойникование наблюдается только в зернах с благоприятной ориентацией по отношению к нагрузке, рис. 7б,в. В тоже время, прирост микротвердости для тыльного пика сравним по значению с приповерхностным максимумом, рис.5. Следовательно, в этой стали деформационное двойникование является доминирующим механизмом упрочнения только в первом упрочненном слое, сформированном под действием УВ сжатия, затухающей по глубине. На глубинах от ~4 до ~6 мм доля сдвойникованных зерен остается примерно постоянной (~ 30%), что согласуется с наличием плато на профиле микротвердости на этих же глубинах, рис. 5. На больших глубинах, вплоть до тыльной поверхности, где наблюдается аномальный рост микротвердости, доля сдвойникованных зерен не увеличивается, а, напротив, уменьшается до ~20%. Следовательно вклад деформационного двойникования в эффект тыльного упрочнения стали Гадфильда не является определяющим.

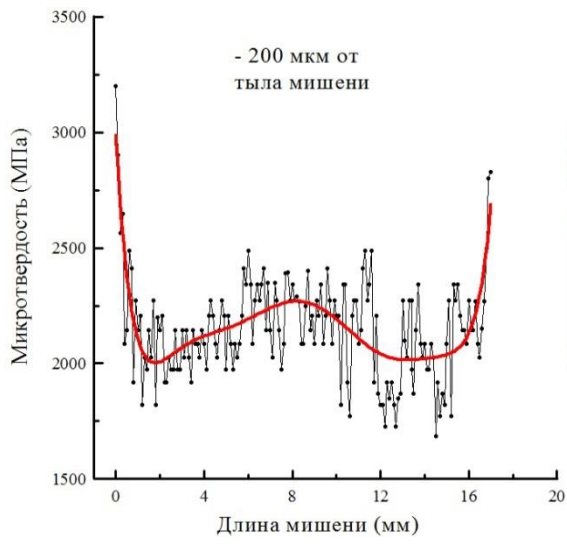
Послойный анализ микротвердости позволил выявить распределение микротвердости по объему в границах тыльного пика, рис. 8. Видно, что непосредственно на тыльной поверхности основное упрочнение наблюдается только на краях образца. По мере удаления от тыльной поверхности начинает возрастать центральный пик микротвердости. Максимальное значение микротвердости наблюдается на глубинах 600...700 мкм от тыльной поверхности, рис. 8а-л. Далее при удалении от тыльной поверхности он начинает уменьшаться и к толщине 900...1000 мкм микротвердость сравнима по значениям с уровнем твердости, характерной для середины мишени, рис. 5. Диаметр упрочненной зоны тыльного пика в приосевой области пучка не превышает 10 мм. Судя из анализа послойной микроструктуры, основной вклад в тыльное упрочнение вносит дислокационный механизм деформации. Для детального анализа этого предположения необходимо изучить субструктурные изменения в этом объеме материала с помощью просвечивающей микроскопии.



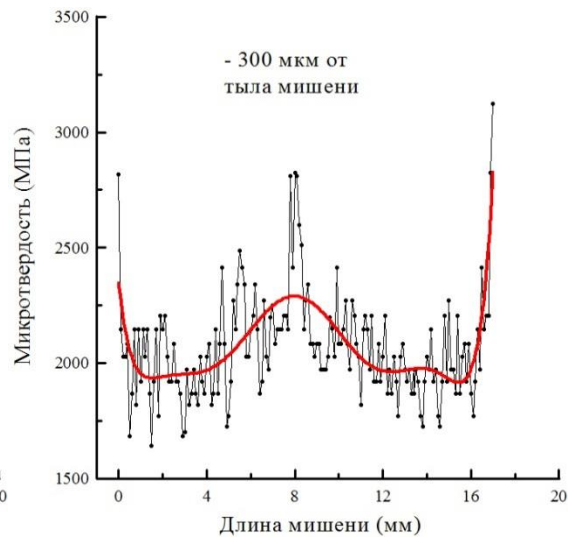
а



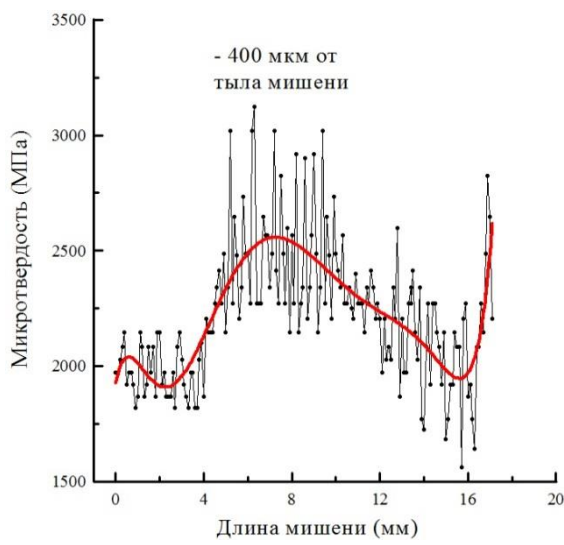
б



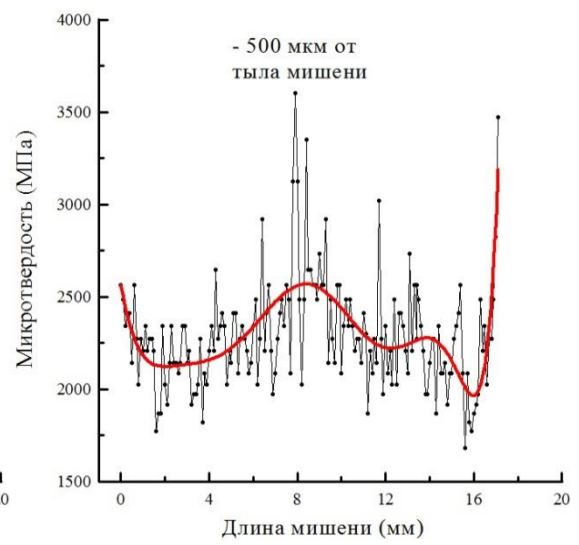
в



г



д



е

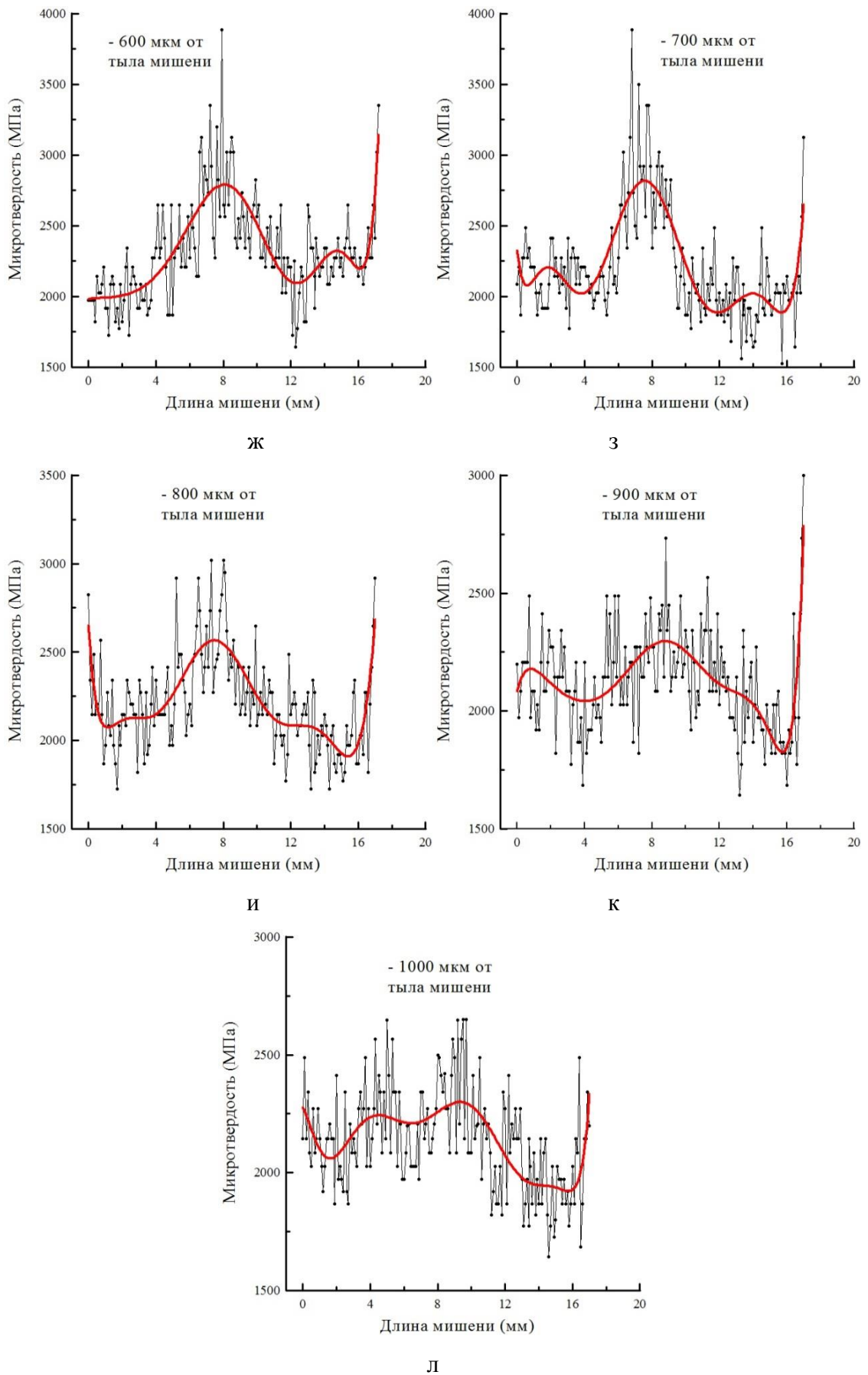


Рисунок 8 – Распределение микротвердости по объему мишени в области тыльного упрочнения

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

В настоящее время, вместе с развитием науки, бурно развиваются все отрасли промышленности. Всегда шла конкуренция между новыми технологиями и разработками, которые вытесняли с рынка устаревшую продукцию. Вытеснение старой технологии новой происходит тем быстрее, чем больше её надёжность и экономическая эффективность.

Всё, что нас окружает, создано из различных материалов, различающихся по своему строению, свойствам и ценой. Однако большинство из нас хочет иметь самое лучшее, что сможет себе позволить по доступной цене. Исключением не являются самые крупные и состоятельные компании мира, в том числе и промышленные предприятия. Ведь одним из самых главных секретов увеличения дохода является снижение затрат.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данное исследование содержит особенности тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча. Мощный электронный пучок формирует ударную волну в облучаемом материале. Ударная волна такой мощности может быть образована при соударении двух объектов, обладающих определённой массой, с высокой скоростью. Данное исследование позволит определить силу удара, при которой происходит максимальное упрочнение материала без нарушения его сплошности.

Сталь Гадфильда применяется во многих отраслях производства, из нее изготавливаются траки гусениц танков, машин, тракторов, рельсовые крестовины, щёки дробилок, стрелочные переводы, которые способны осуществлять работу в тяжёлых условиях истирания и ударных нагрузок.

Итак, целевой рынок результатов исследования будет включать в себя все отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой износостойчивости и прочности изделий.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В качестве конкурентных решений можно рассмотреть использование броневых сталей 55Х4Н3С2ГМ и 45ХН2МФА.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направления для ее будущего повышения.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4

3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,75	0,45
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,25	3,4
<i>Примечание:</i> B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ; B_{kl} – прогнозная оценка профессиональных рисков;							

Опираясь на полученные данные, можно сказать, что исследование стали Гадфильда, рассмотренное в дипломной работе, эффективнее, чем методы применяемые конкурентами.

4.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа

В качестве предмета исследования выбран микротвердомер ПМТ-3М, так как с помощью него производилась основная часть исследования и измерения микротвердости.

Стадия 2. Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

Таблица 4 - Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1.Основание	1	Обеспечение устойчивости микротвердомера			X
2.Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса		X	
3.Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса			X
4.Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна			X
5.Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса		X	
6.Барашек микрометрического движения	1	Обеспечивает микрометрическое движение тубуса		X	
7.Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса			X
8.Барашек	1	Определяет высоту			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом

Таблица 5 - Матрица смежности

	Основание	Колонна	Гайка	Зажимной винт	Барашек грубого движения	Барашек микрометрического движения	Рукоятка
Основание		>	>	>	<	<	>
Колонна	<	=	>	>	<	<	>
Гайка	<	<	=	<	<	<	<
Зажимной винт	<	<	>	=	<	<	>
Барашек грубого движения	>	>	>	>		<	>
Барашек микрометрического движения	>	>	>	>	>		>
Рукоятка	<	<	>	<	<	<	=

Таблица 6 - Матрица смежности

	Барашек	Предметный столик	Винт	Стопорный винт	Рукоятка	Призма	Пластина
Барашек	=	<	>	>	>	<	>
Предметный столик	>	=	>	>	>	<	>
Винт	<	<	=	<	<	<	>
Стопорный винт	<	<	>	=	>	<	>
Рукоятка	<	<	>	>	=	<	>
Призма	>	>	>	>	>	=	>
Пластина	<	<	>	<	<	<	=

Таблица 7 - Матрица смежности

	Механизм нагружения (шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окулярмикроскоп
Механизм нагружения (шток)		<	>	>	<	>	<	<
Оправка с алмазной пирамидой	>		>	>	>	>	<	<
Гирька	<	<		<	<	>	<	<
Рукоятка арретира	<	<	<	=	<	>	<	<
Осветитель	>	<	>	>	=	>	<	<
Светофильтры	<	<	<	<	<	=	<	<
Трансформатор	>	>	>	>	>	>	=	>
Винтовой окулярмикроскоп	>	>	>	>	>	>	<	=

Примечание: «<» - менее значимая; «=» - одинаковые функции по значимости; «>» - более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 8 - Матрица количественных соотношений функций

	Основание	Колонна	Гайка	Зажимной винт	Барашек грубого движения	Барашек микрометрического движения	Рукоятка	Итого	
Основание	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	8	0,16
Колонна	0,5	1	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	7	0,14
Гайка	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5	0,1
Зажимной винт	0,5	0,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	6	0,12
Барашек грубого движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	9	0,18
Барашек микрометрического движения	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	10	0,2

Рукоятка	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	5	0,1
								1=50	£=1

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Таблица 9 - Матрица количественных соотношений функций

	Барашек	Предметный столик	Винт	Стопорный винт	Рукоятка	Призма	Пластина	Итого	
Барашек	1	0,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	8,5	0,17
Предметный столик	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	9	0,18
Винт	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	5	0,1
Стопорный винт	0,5	0,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	7	0,14
Рукоятка	0,5	0,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	7	0,14
Призма	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	9,5	0,19
Пластина	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4	0,08
								X=50	X=1

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Таблица 10 - Матрица количественных соотношений функций

	Механизм нагружения (шток)	Оправка с алмазной пирамидой	Гирька	Рукоятка арретира	Осветитель	Светофильтры	Трансформатор	Винтовой окулярмикроскоп
Механизм нагружения (шток)	1	0,5	1,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5
Оправка с алмазной пирамидой	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5
Гирька	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5
Рукоятка арретира	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,5	0,5
Осветитель	1,5	0,5	1,5	1,5	1	1,5	0,5	0,5
Светофильтры	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Трансформатор	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5
Винтовой окулярмикроскоп	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1

Таблица 11 - Матрица количественных соотношений функций

	Итого	
Механизм нагружения (шток)	8,5	0,14
Оправка с алмазной пирамидой	9,5	0,16
Гирька	5,5	0,09
Рукоятка арретира	5,5	0,09
Осветитель	8,5	0,14
Светофильтры	5,5	0,09
Трансформатор	11,5	0,19
Винтовой окуляр-микрометр	10,5	0,17

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Так, для основания $8/50=0,16$; колонны $7/50=0,14$; $5/50=0,1$; зажимного винта $6/50=0,12$; барашка грубого движения $9/50=0,18$; барашка микрометрического движения $10/50=0,2$; рукоятки $5/50=0,1$; барашка $8,5/50=0,17$; предметного столика $9/50=0,18$; винта $5/50=0,1$; стопорного винта $7/50=0,14$; рукоятки $7/50=0,14$; призмы $9,5/50=0,19$; пластины $4/50=0,08$; механизма нагружения (шток) $8,5/50=0,17$; оправки с алмазной пирамидой $9,5/50=0,19$; гирьки $5,5/50=0,11$; рукоятки арретира $5,5/50=0,11$; осветителя $8,5/50=0,17$; светофильтров $5,5/50=0,11$; трансформатора $11,5/50=0,23$; винтового окуляр-микрометра $10,5/50=0,21$.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Таблица 12 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого	
Основание	1	Обеспечение устойчивости микротвердомера	0,21	0,2	34,6	27,4	40,1	102,1	0,03
Колонна	1	Обеспечивает перемещение кронштейна и тубуса	2	1,75	80,2	80,1	88	248,3	0,07
Гайка	1	Обеспечивает передвижение кронштейна и тубуса	0,67	0,9	73,6	25,5	75,8	174,6	0,05
Зажимной винт	1	Обеспечивает крепление кронштейна	0,78	0,34	67,1	24,7	69,2	161	0,05
Барашек грубого движения	1	Обеспечивает грубое движение тубуса	0,82	0,87	70,5	27,7	76,8	175	0,55
Барашек микрометрического движения	1	Обеспечивает микрометрическое движение тубуса	0,9	0,78	74,3	29	79,9	183,2	0,057
Рукоятка	1	Обеспечивает стопорение грубого движения тубуса	0,32	0,45	50,8	22,7	55,7	129,2	0,04
Барашек	1	Определяет высоту	0,25	0,5	45,1	26,7	48,9	120,7	0,038
Предметный столик	1	Обеспечивает установку рассматриваемого образца	1	1	50,2	29,7	55,7	135,6	0,042
Винт	1	Обеспечивает перемещение в двух взаимноперпендикулярных плоскостях столик	0,45	0,76	34,5	22,8	38,3	95,6	0,03

Продолжение таблицы 12

Стопорный винт	1	Обеспечивает стопорение столика	0,44	0,32	45,2	32,4	50,1	127,7	0,04
Рукоятка	1	Обеспечивает поворот столика	0,34	0,44	42,1	30,1	47,2	119,4	0,037
Призма	1	Обеспечивает исследование поверхностей цилиндрических предметов	0,78	0,56	56,2	35,8	60,7	152,7	0,048
Пластина	1	Обеспечивает поместить предмет любой конфигурации	1	0,76	54,2	44,1	59,7	158	0,049
Механизм нагружения (шток)	1	Обеспечивает необходимое нагружение	0,7	0,43	45,7	34,9	50,1	130,7	0,041
Оправка с алмазной пирамидой	1	Обеспечивает нанесение укола на исследуемый объект	0,8	0,67	67,2	45,5	72,9	185,6	0,058
Гирька	1	Обеспечивает необходимое усилие	0,45	0,62	43,3	33,8	46,7	123,8	0,039
Рукоятка арретира	1	Обеспечивает опускание штока	0,32	0,67	46,5	40,1	48,9	135,5	0,042
Осветитель	1	Обеспечивает освещение исследуемого предмета	0,8	0,9	57,5	50,2	62,5	170,2	0,053
Светофильтры	1	Обеспечивают контрастность исследуемого предмета	0,25	0,31	45,7	38,2	48,4	132,3	0,41
Трансформатор	1	Обеспечивает питание	1,57	1,2	67,9	58,9	77,7	204,5	0,064
								2=3165,7	2=1

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД) (рис. 9).

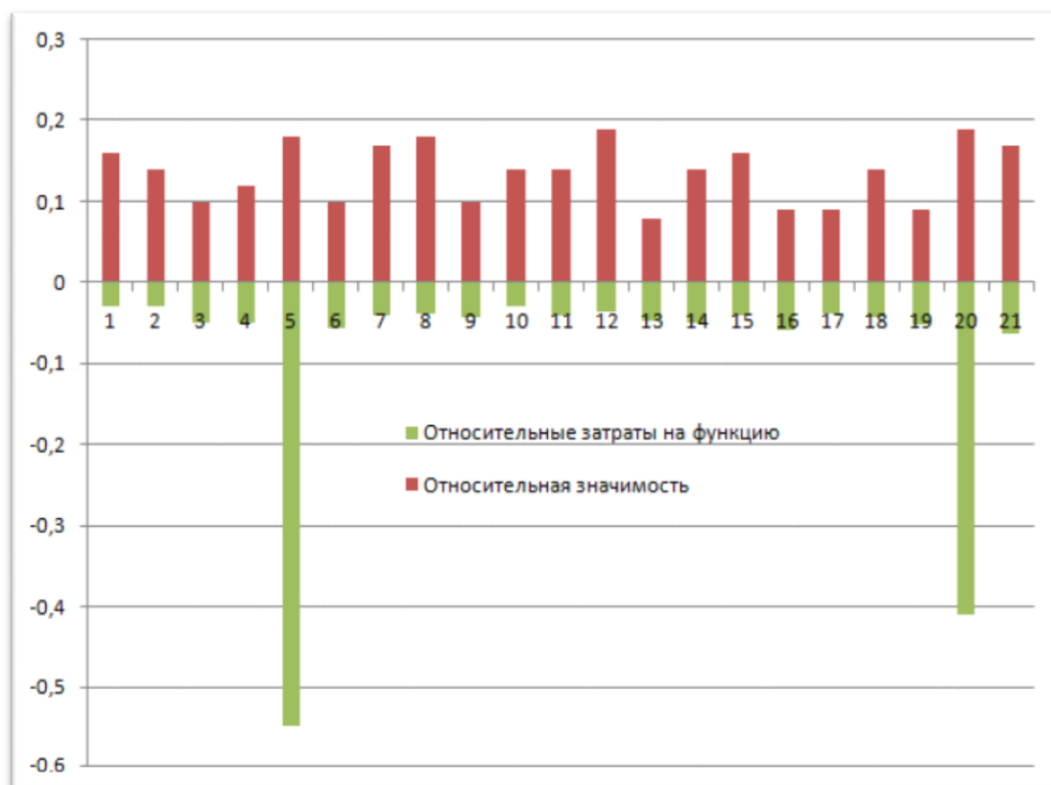


Рисунок 9 - Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ, приведенный выше ФСД, показывает явное наличие рассогласования по функциям 5, 20, которые являются: барашек грубого сечения и светофильтры. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

1. применение принципиально новых конструкторских решений;
2. унификации сборочных единиц и деталей;
3. использование новых заготовок и материалов;
4. оптимизация параметров надежности.

4.1.4 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Сильные стороны проекта.

Во-первых, научное исследование является фундаментальным, на сегодняшний день, согласно обзору литературных источников, мало работ, занимающихся исследованием влияния сильнооточных электронных пучков большой мощности на степень упрочнения металлических материалов. Ранее опыты проводились только для некоторых металлов (железо, медь, алюминий, никель), в последнее время изучается влияние СЭП на стальные сплавы.

Во-вторых, работа выполнялась при финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862. Это говорит о некой заинтересованности государства в развитии данного направления науки. В-третьих, результаты исследования могут быть применены в оборонной промышленности, в которых встречается ударно-волновое нагружение.

Слабые стороны проекта.

Испытания проводились на электронном ускорителе «СИНУС - 7», данная установка находится в институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящий момент доступа к этой установке нет, а испытания на ней очень дорогостоящие, и такие расходы государственное финансирование не покрывает. То есть возможности проводить дальнейшие исследования, на сегодняшний день, нет. Исследование проводилось на кафедре ОТСП ИНК НИ ТПУ, но отсутствие растрового электронного микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа увеличивало временные и материальные затраты.

Возможен вариант заключения договора или соглашения между Томским политехническим университетом и СО РАН о взаимопомощи для проведения данных исследований, тем более что ТПУ и СО РАН не первый год сотрудничают. На кафедре ОТСП при университете присутствует лаборатория металлографии сварных соединений, которая слабо оснащена исследовательской аппаратурой. Приобретение РЭМ и ПЭМ позволит сократить временные и материальные затраты исследования, а также возможно извлечение прибыли путём заключения хозяйственных договоров и выполнения их с помощью данного оборудования.

Результаты данного исследования будут широко применяться в производстве, и если возобновиться исследовательская работа в этом направлении, то это приведёт к несомненному развитию.

Одна из реальных угроз проекту – это его закрытие в связи с требующимися большими материальными затратами, которые не покрываются государственным финансированием. Ещё одной возможной угрозой является выход из строя установки, например, поломка труднодоступных и дорогостоящих элементов.

Конкуренты используют сильноточные лазеры большой мощности для проведения исследований по упрочнению металлических материалов. Однако источники лазера очень дорогостоящие и сам лазер вызывает ударную волну в материале в несколько раз меньше, чем электронный луч, поскольку электроны имеют большую длину пробега чем лазер и диаметр СЭП больше. Поэтому использование СЭП приводит к большей степени упрочнения материала.

С уверенностью можно сказать, что все сильные стороны проекта оказывают очень сильное влияние на возможность его успешного завершения и последующего внедрения в производство. А именно такие сильные стороны как: фундаментальность исследования, финансовая поддержка, практическое внедрение результатов исследования в производство.

Таблица 13 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Финансирование из государственного бюджета. С2. Фундаментальность исследования. С3. Возможность практического внедрения результатов исследования в оборонную промышленность С4. Отсутствие конкурентов по способности к высокой степени поверхностного и объёмного упрочнения</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Недоступность к испытательной установке – электронному ускорителю «СИНУС 7». Сл2. Дорогостоящее использование электронного ускорителя. Дефицит этих установок в России и отсутствие их за рубежом. Сл3. Отсутствие РЭМ и ПЭМ на кафедре, проводящей исследование, что увеличивает временные и материальные затраты исследования</p>
<p>Возможности: В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и СО РАН о взаимной помощи в этом исследовании. В1. Приобретение дополнительного оборудования на кафедру ОТСП ТПУ: РЭМ и ПЭМ, которое может приносить прибыль.</p>	<p>Поддержка со стороны СО РАН очень сильно скажется на продвижении исследования и ускорит темпы внедрения результатов исследования в производство</p>	<p>Помощь СО РАН может выражаться в уменьшении стоимости пользования установкой до той величины, которую сможет финансировать государственный бюджет для данного исследования</p>
<p>Угрозы: У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования. У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.</p>	<p>Государство заинтересовано в развитии науки и в последние годы стало всё больше средств вкладывать в финансирование научной деятельности. Чем быстрее результаты исследования будут внедрены в производство, тем быстрее исчезнут факторы, угрожающие развитию исследования. В дальнейшем возможна заинтересованность производственной стороны в финансировании проекта и его развития.</p>	<p>На данный момент слабые стороны связаны с выходом из строя дорогостоящих элементов оборудования, нехваткой финансов для проведения исследования.</p>

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [16].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [16].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [16].

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 14.

Таблица 14 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Оборонная промышленность	Исследование позволит получить данные, которые помогут провести углубленный анализ изменения свойств стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.
Тяжелое машиностроение	

В таблице 15 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 15 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение экспериментальных результатов тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 16).

Таблица 16 - Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Гнюсов С.Ф., д.т.н., профессор кафедры ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Мирошников Е.В., бакалавр кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 17 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	30.05.2017 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничения по использованию установки «СИНУС - 7»

4.3 Планирование управления проектом

4.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта [17].

Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 18).

Таблица 18 - Календарный план проекта

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Литературный обзор по теме диссертации	10 месяцев 250 дней	01.10.16	20.12.16	Мирошников Е.В. Гнюсов С. Ф.
2	Экспериментальная часть	2 месяца 50 дней	10.02.17	20.04.17	
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	2 месяца 45 дней	01.04.17	30.05.17	Мирошников Е.В.
4	Социальная ответственность	2 месяца 45 дней	01.04.17	30.05.17	Мирошников Е.В.
	Итого	357 дней			

4.3.2 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты

Затраты на проведение научного исследования приведены в таблице 9 [18]. Большие затраты потребовались для проведения испытаний на электронном ускорителе, также не дешево обошлись услуги растровой электронной микроскопии, которая необходима была для проведения исследования.

Таблица 19– Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Затраты, руб.	Примечание
Материалы	1000	В качестве материалов были использованы образцы 20x20 толщиной 9.3 мм из стали Гадфильда.
Установка «СИНУС -7»	60000	Приведена стоимость пользования

		установкой в течение одного рабочего дня. Эксперименты на ней проводились один день.
Алмазные пасты	1500	
Анализ РЭМ	10000	
Итого	72500	

4.3.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [19].

Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{от}=6595$ руб/мес, для руководителя (профессора с ПКГ ППС 4) - $Z_{от}=33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 2[19]:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (2)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 3 [19]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3)$$

где $Z_{осн}$ –основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{дн}$ –среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 4, [19]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м}}{T}, \quad (4)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника [19]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (5)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$З_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1.3 = 8573.5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{мп}} = 33162 \cdot 1.3 = 43110.6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн.т}} = \frac{8573.5}{26} = 329.75 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн.п}} = \frac{43110.6}{26} = 1658.1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 100 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$З_{\text{осн.т}} = 329.75 \cdot 100 = 32975 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн.п}} = 1658.1 \cdot 100 = 165810 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [19]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0.1 \cdot 32975 = 3297.5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0.1 \cdot 165810 = 16581 \text{ руб.};$$

Итак, определяем полную зарплату работников:

$$C_{зпт} = 32957 + 3297.5 = 36254.5 \text{ руб.};$$

$$C_{зпп} = 165810 + 16581 = 182391 \text{ руб.}$$

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 7 [19]:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (7)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Принимаем $k_{внеб} = 0.302$.

$$C_{внеб.т} = 0.302 \cdot 36254.5 = 10948.859 \text{ руб.};$$

$$C_{внеб.п} = 0.302 \cdot 182391 = 55082.082 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 8 [19]:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (8)$$

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{накл} = 0.8$.

$$C_{накл.т} = 0.8 \cdot 218645.5 = 174916.4 \text{ руб.};$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тип, д	Зарплата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	100	6595	329.75	32975	8573.5
Руководитель (профессор)	1	100	33162	1658.1	165810	43110.6

Итого:	2	200		198785	
--------	---	-----	--	--------	--

4.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Данное исследование является очень сложным с точки зрения получения достоверных результатов, которые можно обрабатывать в дальнейшем. Дело в том, что сформировать ударную волну в материале с требуемыми параметрами не так уж и просто, как это может казаться на первый взгляд. Но благодаря концентрированным источникам энергии удаётся это сделать. Однако подобные эксперименты можно провести с помощью энергии взрыва, которая метает одну пластину на другую неподвижную и при соударении во второй образуется ударная волна. Но малейшие отклонения опыта (угол наклона пластины, мощность взрыва и др.) влияют на результаты и их достоверность, поэтому могут потребоваться дополнительные временные и финансовые затраты.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [16]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (9)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялся сильноточный электронный пучок. В качестве аналогов рассмотрим сильноточный лазер (аналог 1) и энергию взрыва (аналог 2).

Таблица 21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность точной постановки эксперимента	0.4	5	5	2
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	2
3. Энергосбережение	0.15	3	2	1
4. Безопасность	0.15	3	3	2
5. Стоимость эксперимента	0.2	4	3	2
ИТОГО	1			

По формуле 9 и данным таблицы 21 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.2 \cdot 4 = 4.2;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 3 + 0.2 \cdot 3 = 3.85;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 2 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 2 = 1.85.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность установки, на которой были проведены эксперименты настоящего исследования.

К сожалению, не представляется возможным оценить интегральный показатель эффективности разработки из-за отсутствия данных, позволяющих определить интегральный финансовый показатель. Однако из таблицы видно, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет

меньше, чем у аналогов исследования. А значит, на данное исследование был израсходован бюджет, величина которого могла быть гораздо больше при проведении исследований с помощью аналогов.

Вывод

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был проведен технико-экономический анализ исследования особенности тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча. Целевой рынок результатов исследования будет включать в себя все отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой износостойчивости и прочности изделий.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах оборонной промышленности и тяжелого машиностроения.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны микротвердомера ПМТ-3М, оптимизация которых приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности. Такими функциями можно назвать следующее:

1. применение принципиально новых конструкторских решений;
2. унификации сборочных единиц и деталей;
3. использование новых заготовок и материалов;
4. оптимизация параметров надежности

Также построена интерактивная матрица SWOT-анализа, в которой показаны слабые (недоступность к испытательной установке – электронному ускорителю «СИНУС 7», дорогостоящее использование электронного ускорителя, отсутствие РЭМ и ПЭМ на кафедре, проводящей исследование) и сильные (финансирование из государственного бюджета, фундаментальность исследования, возможность практического внедрения результатов исследования в оборонную промышленность и т.д.) стороны для разрабатываемого проекта. Одна из реальных угроз проекту – это его закрытие в связи с требующимися большими материальными затратами, которые не покрываются государственным финансированием. Ещё одной

возможной угрозой является выход из строя установки, например, поломка труднодоступных и дорогостоящих элементов.

Сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет меньше, чем у аналогов исследования. А значит, на данное исследование был израсходован бюджет, величина которого могла быть гораздо больше при проведении исследований с помощью аналогов.

Рассчитан бюджет научного исследования, который включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы и составил 532092,841 руб.

5 Социальная ответственность

5.1 Производственная безопасность

Все работы производились в офисных помещениях 16а корпуса НИ Томского политехнического университета. Основная часть работы производится на месте, оборудованном ПЭВМ, поэтому в данном разделе ВКР рассматриваются вопросы анализа и выявления возможных опасных и вредных факторов на рабочем месте инженера-лаборанта. Площадь занимаемого помещения составляет 40 м², на которых располагаются 6 человек.

В результате идентификации выявлены следующие вредные и опасные производственные факторы:

- 1 Недостаточная освещённость;
- 2 Электромагнитное излучение;
- 3 Электростатическое поле;
- 4 Напряженность трудового процесса;
- 5 Повышенный уровень шума.

5.1.1 Требования безопасности, эргономики и технической эстетики к рабочему месту

При организации рабочего места инженера-лаборанта, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда исполнителя зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места конструктора заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать Государственному стандарту СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" [20].

5.1.2 Требования электробезопасности

Инженеру-лаборанту на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220В промышленной частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это компьютер, орг. техника, сетевые фильтры – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [21].

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незащищенным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;
- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;
- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения. [21]

Для того чтобы избежать возможности поражения электрическим током необходимо соблюдать требования, установленные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ) и «Правилами устройства электроустановок» [21]. Эти требования предусматривают:

- наличие рубильника на щите для общего отключения питания;

- наличие отдельных рубильников для отключения питания каждого рабочего места;
- наличие стационарной разводки питания к каждому рабочему месту с заземляющим проводом;
- наличие предохранительных устройств для защиты от перегрузок и короткого замыкания общей сети питания и в цепи разводов.




Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм, являются:

- а) правильное устройство электроустановок;
- б) обученность электроперсонала, прошедшего инструктаж по ТБ;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

При выполнении мер защиты в электроустановках напряжением до 1 кВ класса применяемого электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ Р 12.1.009-2009 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» [22] следует принимать в соответствии с таблицей 22.

В результате проведенного анализа для предотвращения случаев электротравматизма на рабочем месте, рекомендуется применение электрооборудования класс 0. Помимо этого в качестве дополнительной защиты использовать сетевые фильтры, источники бесперебойного питания, использование закрытых розеток.

Таблица 22 - Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ

Класс по ГОСТ12.2.007.0 РМЭК536	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитный зажим -знак  или буквы PE, или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знак 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знак 	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы:

Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70–80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого количества оборудования).

Помещение для инженера-лаборанта относится к 1ой группе электробезопасности, т.к. в наличии электрооборудование (компьютеры, принтеры, шредеры и т.д.). Дополнительные меры безопасности в данном случае не требуются.

5.1.3 Требования к источникам излучений

5.1.3.1 Недостаточная освещённость

По категорию зрительных работ воздействие электронным лучом относится к восьмой категории - общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор). Согласно своду правил СП 52.13330.2011 "СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение". Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*, требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблица 23.

Таблица 23 - Требования к освещению помещения промышленных предприятий (согласно СНиП 23-05-95)

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)			
Контраст объект с фоном	Независимое от характеристик фона и контрастности объекта			
характеристика фона				
Искусственное освещение	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	-
			В т.ч. от общего	-
		При системе общего освещения	200	
	Совокупность нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации	Р	40	
		Кп, %	20	
Естественное освещение	При верхнем или комбинированном освещении	3		
	При боковом освещении	1		
Совмещенное освещение	При верхнем или комбинированном освещении	1,8		
	При боковом освещении	0,6		

Источники освещения на участке воздействия мегавольтным электронным лучом обеспечиваются комплексом факторами, основные из которых: характер работы, условия среды и размеры помещения. Анализируя эти факторы, делаем вывод, что наиболее удобным источником освещения является крыша.

5.1.3.2 Электромагнитное излучение

Защита рабочих от воздействия магнитных полей частотой 50 Гц, создаваемых электронном ускорителе «СИНУС - 7», достигается:

- экранированием источника электромагнитного поля или рабочего места, снижающим напряженность МП до допустимого уровня;
- удалением рабочего места от источника на расстояние, где величина напряженности не превышает допустимых уровней ("Защита от электромагнитных полей расстоянием");
- ограничением времени пребывания работающих в МП повышенной напряженности ("Защита от электромагнитных полей временем");
- автоматизацией технологического процесса, дистанционным управлением оборудованием.

Необходимость применения защитных средств и мероприятий определяется на основании расчета напряженности H (А/м) МП на рабочих местах и сравнении ее с допустимыми уровнями.

5.1.3.3 Электростатическое поле

При создаваемом электронном пучке на ускорителе «СИНУС - 7», номинальное напряжение холостого хода источников питания дуговой сварки не должна превышать значений, приведенных в таблице 24.

Таблица 24 - Допустимая номинальное напряжение холостого хода

Рабочие условия сварки	Род тока и номинальное напряжение холостого хода, В, не более
Воздействие электронным пучком	(=) 14 среднее значение

Безопасность работы с электрооборудованием достигается при следующих условиях:

1. Исправное состояние всех электрических блокировок;
2. Надежное защитное заземление корпусов всех блоков аппаратуры;
3. Исправное состояние электронной пушки и сварочной камеры.

К эксплуатации и технического обслуживания оборудования допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку, знающие правила техники безопасности при работе с оборудованием.

Опасным для жизни лиц, эксплуатирующих и обслуживающих аппаратуру, является сетевая трехфазное напряжение 380 В, ускоряющее напряжение 60 кВ.

Меры безопасности при работе и обслуживании аппаратуры согласно ПУЭ – 84:

- Обязательное заземление всех блоков аппаратуры с помощью кабелей заземления, которыми комплектуется аппаратура;
- Места подключения заземления должны быть обозначены знаками;
- Величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом;
- Пересечение контура заземления должно быть не менее 80 мм².

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы [23]:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18–20°, с влажностью 40–50%.

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70–80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого количества оборудования).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества.

В нашем случае помещение относится к 1ой группе электробезопасности.

5.1.3.4 Напряженность трудового процесса

Напряженность трудового процесса должна оцениваться на каждом рабочем месте. Оценка напряженности труда основана на анализе трудовой деятельности работников, должностных инструкций, хронометражных наблюдений (фотографии рабочего дня) и экспертной оценки. Классы условий труда должны быть определены по всем 23 оценочным показателям, представленным в таблице 18 Руководства Р 2.2.2006-05.

Общая оценка напряженности трудового процесса проводится следующим образом:

Независимо от профессиональной принадлежности учитываются все 23 показателя, перечисленные в руководстве Р 2.2.2006-05. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда. По каждому из 23 показателей в отдельности определяется свой класс условий труда. В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует работа с экраном видеотерминала или оптическими приборами), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) – напряженность труда легкой степени.

При окончательной оценке напряженности труда:

«Оптимальный» (1 класс) устанавливается в случаях, когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2-му классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3-му (вредному) классу.

«Допустимый» (2 класс) устанавливается в следующих случаях: когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные – к 1 классу; когда от 1 до 5 показателей отнесены к 3.1. и/или 3.2. степеням вредности, а остальные показатели имеют оценку 1-го и/или 2-го классов.

«Вредный» (3 класс) устанавливается, когда 6 или более показателей отнесены к 3 классу.

Методика оценки напряженности труда проводится в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05.

В качестве средств измерений используется секундомер.

5.1.4 Микроклимат

В нашем случае рассматривается рабочий кабинет размерами 8x5 м, как показано на рисунке 10. Высота кабинета 3,5 м.

Согласно, установленным размерам рабочего кабинета в нем располагается 6 человек. Объем помещения 140 м³, общая площадь 40 м², тогда на 1 человека приходится 23,3 м³ и 6,7 м², соответственно, что удовлетворяет санитарным требованиям помещения.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [24]. С целью создания нормальных условий для лаборанта установлены нормы производственного микроклимата.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 25.

Объем и площадь производственного помещения, которые должны приходиться на каждого работающего, по санитарным нормам – 20 м³ и 6,5 м², соответственно. Высота помещения должна быть не менее 3 м. [24]

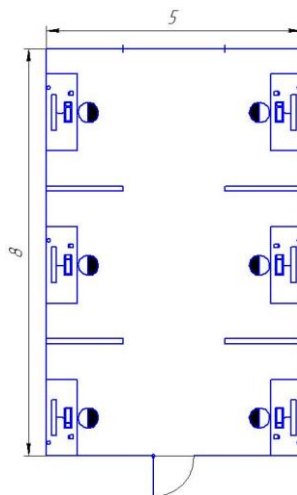


Рисунок 10 – Схема рабочего места

Таблица 25 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата (по ГОСТ 12.1.005–88) [31]

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

5.1.5 Повышенный уровень шума

Шум на рабочем месте инженера-лаборанта возникает от работы ПК, а также может проникать извне. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению.

Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности"[25].

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который

сравнивают с предельным спектром, для офисных помещений уровень звукового давления должен не превышать 80 дБА (по СанПиН 3359-16) [26].

Анализ шумовых факторов в помещении инженера-лаборанта соответствует нормам. Дополнительные меры для защиты от шума извне могут служить современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели стен. Шум от работы ПК можно понизить используя малошумные вентиляторы охлаждения, либо водяное охлаждение системного блока.

5.1.6 Требования к системе освещения. Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте инженера-лаборанта

Нормативное значение КЕО для третьего пояса светового климата (расположение города Томска) в соответствии с СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [27] при третьем разряде зрительной работы (Шг: контраст большой, фон светлый), при одностороннем боковом освещении КЕО 1,2 %, освещенность при искусственном освещении – 300 лк, ослепленность 40 ед. и пульсации искусственного освещения не более 15 %. Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой с документами 400 лк согласно СНиП 23-05-95. [27]

В нашем случае, работа инженера-лаборанта связана не только с работой за компьютером, а так же с проектной документацией, нормативами и СНиП, поэтому освещенность принимаем 400 лк.

Для анализа освещенности на рабочем месте инженера-лаборанта проведем расчет системы искусственного освещения на рабочем месте инженера-лаборанта, пользуясь методом коэффициента использования. Расчетным уравнением метода коэффициента использования светового потока является [28]

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta}, \quad (10)$$

где F – расчетный световой поток (лм) всех ламп, которые необходимо установить в светильниках для получения требуемой освещенности в горизонтальной плоскости;

E – минимальная нормируемая освещенность, $E = 400$ лк;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы);

z – отношение средней освещенности к минимальной, для люминесцентных ламп принимаем $z = 1,1$.

Коэффициент использования светового потока η зависит от типа светильника, коэффициентов отражения светового потока от стен $\rho_c = 50\%$, потолка $\rho_{\Pi} = 70\%$, а также геометрических размеров помещения и высоты подвеса светильников, что учитывается одной комплексной характеристикой – индексом помещения.

Величина индекса помещения подсчитывается по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (11)$$

где A и B – ширина и длина помещения, $A = 5$ м, $B = 8$ м;

h – высота подвеса светильника над расчетной поверхностью, равная

$$h = H - h_p - h_c, \quad (12)$$

где H – высота помещения, равная 3,5 м;

h_p – высота рабочей поверхности, равная 0,8 м;

h_c – высота подвеса светильника от уровня потолка, равная 0,2 м.

$$h = 3,5 - 0,8 - 0,2 = 2,5 \text{ м.}$$

$$i = \frac{5 \cdot 8}{2,5 \cdot (5 + 8)} = 1,23.$$

Определяем коэффициент использования светового потока $\eta = 0,53$.

Тогда величина светового потока F равна

$$F = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 40 \cdot 1,1}{0,53} = 49811 \text{ лм.}$$

Определим расстояние между рядами светильников, используя соотношение

$$L = \xi \cdot h, \quad (13)$$

где ξ – наивыгоднейшее расстояние между светильниками, для типа ОД $\xi=1,4$.

$$L = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м.}$$

Расстояние между стенами и крайними рядами принимаем равным $l = L/3$, $l = 3,5/3 = 1,17$ м. При ширине помещения $A = 5$ м, получаем число рядов светильников

$$n = \frac{A}{L} = \frac{5}{3,5} = 1,4 \approx 2. \quad (14)$$

Определим число светильников в одном ряду

$$N_p = \frac{B - 2l}{l_{св}}, \quad (15)$$

где $l_{св}$ – длина светильника, для светильника типа ОД–2–40 $l_{св} = 1,23$ м.

$$N_p = \frac{8 - 2 \cdot 1,17}{1,23} = 4,6 \approx 4.$$

Таким образом, общее число светильников N

$$N = N_p \cdot n \quad (16)$$

$$N = 4 \cdot 2 = 8.$$

Определим требуемый световой поток одной лампы

$$F_{л} = \frac{F}{2 \cdot N} \quad (17)$$

$$F_{л} = \frac{49811}{2 \cdot 8} = 3113 \text{ лм.}$$

Выбираем тип лампы люминесцентная ЛБ-40 с номинальным световым потоком 3200 лм.

Подсчитаем расчетную освещенность в помещении при выбранных лампах по следующей формуле

$$E_p = E \cdot \frac{F_{лн}}{F_{л}}, \quad (18)$$

$$E_p = 400 \cdot \frac{3200}{3113} = 411 \text{ лк.}$$

Потребляемая мощность осветительной установки составит

$$P = 16 \cdot 40 = 640 \text{ Вт.}$$

Таким образом, выбранная система освещения обеспечивает требуемую освещенность рабочего места инженера-лаборанта. К дополнительным мерам, можно отнести использование местного освещения на рабочих местах (настольные лампы).

5.1.7 Пожарная безопасность

Пожары в корпусах ТПУ представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Характерная особенность 16а корпуса ТПУ — небольшие площади помещений. Как известно, пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ, окислителя и источников зажигания. В помещениях корпуса присутствуют все три основных фактора, необходимые для возникновения пожара. [29]

Горючими компонентами помещения 16а корпуса являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей.

Источниками зажигания в 16а корпусе могут быть короткое замыкание и перегрев ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты. При этом возможно оплавление изоляции. Для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции и кондиционирования воздуха. При постоянном действии эти системы представляют собой дополнительную пожарную опасность.

Для нашего помещения установлена категория пожарной опасности В.

Одна из наиболее важных задач пожарной защиты — защита помещений от разрушений и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования 16а корпуса, а также категорию его пожарной опасности, здания корпуса и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости. [29] Для изготовления строительных конструкций используются, как правило, кирпич, железобетон, стекло, металл и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами. [29]

Разработана инструкция с мероприятиями по обеспечению пожарной безопасности. Такая инструкция ПБ должна быть размещена на каждом рабочем месте.

На рабочем месте запрещается иметь горючие вещества

В помещениях запрещается:

- а) зажигать огонь;
- б) включать электрооборудование, если в помещении пахнет газом;
- в) курить;
- г) сушить что-либо на отопительных приборах;
- д) закрывать вентиляционные отверстия в электроаппаратуре

Источниками воспламенения являются:

- а) искра при разряде статического электричества
- б) искры от электрооборудования
- в) искры от удара и трения
- г) открытое пламя

При возникновении пожароопасной ситуации или пожара персонал должен немедленно принять необходимые меры для его ликвидации, одновременно оповестить о пожаре администрацию. Помещения с

электрооборудованием должны быть оснащены огнетушителями типа ОУ-2. [28] На стене рядом с местом расположения огнетушителя должна находиться таблица с номерами телефонов экстренного вызова местной и городской пожарной команды.

Помещение инженера-лаборанта соответствует нормам пожарной безопасности. В качестве дополнительных мер по предотвращению пожаров предлагается использовать автоматизированные системы оповещения и пожаротушения.

5.2 Экологическая безопасность

В 16а корпусе в качестве осветительных приборов приняты люминесцентные лампы, должны быть разработаны меры по их утилизации.

Хранение люминесцентных ламп должно осуществляться в помещении, которое отдельно расположено от мастерских и лабораторий корпуса. Оно должно соответствовать требованиям правил хранения токсичных отходов и санитарных норм. В нем должна быть налажена система вентиляции.

Полы в помещении должны быть изготовлены из водонепроницаемого материала, который препятствует попаданию вредного металла в окружающую среду. На случай аварийной ситуации в помещении для хранения ламп дневного света должно быть не менее 10 литров воды и запас марганцевого калия.

Отработанные люминесцентные светильники должны быть помещены в плотную тару. В роли ее могут выступать картонные коробки, коробки из ДСП, фанеры, бумажные или полиэтиленовые мешки. В одной картонной коробке должно быть не более 30 единиц продукции. Емкости должны быть расставлены на стеллажах, чтобы обезопасить их от любого механического воздействия. На каждой из них должна быть надпись «Отход 1 кл. опасности. Отработанные люминесцентные лампы».

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении анализа рабочего места инженера-лаборанта предмет возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), определены следующие меры защиты персонала.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации [30].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для работы инженера-лаборанта актуальным вопросом правового обеспечения безопасности является защита интеллектуальной собственности и защита информации.

Проблема защиты прав интеллектуальной собственности и противодействие таким деяниям носит комплексный характер, что обусловлено следующими причинами [31]:

1. Правонарушения происходят не только в сети Интернет, но и других информационно-телекоммуникационных сетях, к которым, в частности, относятся сети подвижной радиотелефонной связи.

2. С использованием таких сетей совершаются самые различные правонарушения:

- плагиат;

- незаконная торговля объектами прав интеллектуальной собственности;

- торговля контрафактной продукцией через Интернет-магазины.

3. Объектами правонарушений являются самые различные объекты прав интеллектуальной собственности.

4. Правонарушения носят транснациональный характер.

5. Рассматриваемые правонарушения зачастую сопровождаются другими опасными деяниями: распространение вредоносных программ, нарушение правил обработки персональных данных, распространение спама и других.

Из проведенного анализа выше перечисленных проблем защиты прав интеллектуальной собственности на рабочем инженера-лаборанта предлагаются следующие методы защиты информации:

- использование не лицензированного программного обеспечения на предприятии влечет административную или уголовную ответственность;

- импорт, тиражирование, продажа, а также иное введение в гражданский оборот экземпляров программ без разрешения их правообладателей является нарушителем авторского права.

- программы для ЭВМ и базы данных относятся Законом к объектам авторского права. Программам для ЭВМ предоставляется правовая охрана.

В нашем случае на рабочем месте инженера-лаборанта используются

лицензированное программное обеспечения, персонал инструктирован об ответственности за использование, продажу или распространение конфиденциальной информации предприятия. В качестве дополнительных средств защиты информации предлагается использовать пароли и ограниченный доступ.

6 Заключение

В работе проведено исследование особенностей тыльного упрочнения мишени из стали Гадфильда под воздействием мегавольтного электронного луча. На основании полученных данных сделаны следующие выводы.

1. Непосредственно на тыльной поверхности основное упрочнение наблюдается только на краях образца. По мере удаления от тыльной поверхности начинают возрастать значения HV центрального пика.

2. Установлено, что максимальное значение микротвердости наблюдается на глубинах 600...700 мкм от тыльной поверхности. Диаметр упрочненной зоны тыльного пика в приосевой области пучка не превышает 10 мм.

3. Показано, что вклад деформационного двойникования в эффект тыльного упрочнения стали Гадфильда не является определяющим. Основной вклад в тыльное упрочнение вносит дислокационный механизм деформации.

4. В работе разработаны разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность».

Список используемой литературы

1. Гнюсов С.Ф., Ротштейн В.П., Полевин С.Д., Кицанов С.А. Деформационное поведение и откольное разрушение стали Гадфильда при ударно-волновом нагружении. // Известия высших учебных заведений. Физика, 2010. №10.– 56-62 с.
2. Гнюсов С.Ф., Ротштейн В.П., Полевин С.Д., Кицанов С.А. Высокоскоростная деформация и откольное разрушение стали Гадфильда при воздействии сильноточного наносекундного релятивистского электронного пучка. // Письма в "Журнал технической физики". - 2010. - Т. 36, вып. 17. – 48-53 с.
3. Марганцовистая сталь. – М.: Металлургиздат, 1959. – 94 с.
4. Житнов С. В., Давыдов Н. Г., Братчиков С. Г. Высокомарганцевые стали. – М.: Металлургия, 1995. – 302с.
5. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общее техническое условие
6. Волынова Т. Ф. Высокомарганцевые сплавы и стали. – М.: Металлургия, 1988. – 340 с.
7. Богачев И. Н., Еголаев В. Ф. Структура и свойства железомарганцевых сплавов. – М.: Металлургия, 1973. – 296 с.
8. Элингер З., Вебер К. Производство отливок из специальных сталей. – М.: Машгиз, 1960. – 141 с.
9. Новомейский Ю. С., Лившиц В. И., Евтюшкин Ю. А. Свойство и применение комплексно-легированных высокомарганцовистых сталей, 1970. – 70 с.
10. B. Bal, B. Gumus, G. Gerstein, D. Canadinc, H.J. Maier. On the micro-deformation mechanisms active in high-manganese austenitic steels under impact loading //Materials Science & Engineering A. – 2015. – 632. – P. 29–34
11. G. Fargas, J.J. Roa, A. Mateo. Effect of shot peening on metastable austenitic stainless steels // Materials Science & Engineering A. – 2015. – 641. – P. 290–296

12. Aref Yadollahi, Nima Shamsaei, Scott M. Thompson, Denver W. Seely. Effects of process time interval and heat treatment on the mechanical and microstructural properties of direct laser deposited 316L stainless steel // Materials Science & Engineering A. -2015. – 644. – P. 171–183

13. J.J. Roa, G. Fargas, A. Mateo, E. Jiménez-Piqué. Dependence of nanoindentation hardness with crystallographic orientation of austenite grains in metastable stainless steels // Materials Science & Engineering A. – 2015. – 645. – P.188–195

14. Григорьев С. Н., Смоленцев Е. В., Волосова М. А. Технология обработки концентрированными потоками энергии: учебное пособие– Старый Оскол, 2009. – 280 с.

15. Казаков Ю. Ф. Концентрированные потоки энергии и физические основы их генерации: учебное пособие. – Саратов, 2001. – 100 с.

16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: метод. указания / Том. пол-й. ун-т. – Томск 2014. – 73 с.

17. ГОСТ 19.102-77. Единая система программной документации. Стадии разработки.

18. Экономические расчеты в дипломных проектах по техническим специальностям: Метод. указания для студентов / Сост.: Л.И. Горчакова, М.В. Лопатин. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. - 28 с.

19. Политика доходов и заработной платы. Под ред. П. В. Савченко и Ю. П. Кокина. М.: Юристъ, 2000. 456 с.

20. Государственный стандарт СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 декабря 1976 г. N 2798)

21. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и

номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

22. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

23. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

24. Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

25. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

26. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

27. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение

28. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 9 с.

29. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

30. Охрана окружающей среды: Учеб для техн. вузов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; Под ред. С.В. Булова, 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

31. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: Учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н. Л. Пономарев и др. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 319 с.